

ANNALEN
DER
PHYSIK UND CHEMIE.

B A N D CXXIII.

P

ANNALEN
DER
P H Y S I K
UND
C H E M I E.

FÜNFTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

DRITTER BAND.

NEBST DREI FIGURENTAFELN.

LEIPZIG, 1864.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIVS BARTH.

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

LEIPZIG BEI

VERLAG VON C. F. JOHANNES

UND

A. C. JOHANNES

DRUCKER

VERLAG VON C. F. JOHANNES

LEIPZIG, 1864

VERLAG VON C. F. JOHANNES

ANNALEN
DER
P H Y S I K
UND
C H E M I E.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

HUNDERT DREIUNDZWANZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT NEUNUNDNEUNZIGSTER.

NEBST DREI FIGURENTAFELN.

LEIPZIG, 1864.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIVS BARTH.



ANALYSIS

OF

PHYSICAL

AND

CHEMICAL

OF THE

OF

J. C. BOGGS

OF THE

OF THE

OF THE

OF THE

OF THE



I. *Untersuchungen über die Abänderungen der elektromotorischen Kräfte durch die Wärme;*
von Dr. Franz Lindig.

Obgleich sich über das Wesen der elektrischen Spannkraft vielfach streiten läßt, so kann doch darüber wohl schwerlich ein Zweifel herrschen, daß sie mit der molecularen Constitution der Elektromotoren in engem Zusammenhange steht. Es scheint daher die Vermuthung nicht ungerechtfertigt, daß die elektromotorische Kraft von solchen Umständen nicht unabhängig sey, welche ihrerseits den Zustand der Materie bedingen; und es läßt sich demnach sehr wohl voraussetzen, daß sie unter Anderem auch zur Temperatur — etwa in ähnlicher Weise wie der Magnetismus zur Wärme — in naher Beziehung stehe und mit derselben nach irgend einem Gesetze sich ändere. Eine derartige Abänderung der elektrischen Spannkraft mit der Temperatur der Erreger ist indessen bisher durch das Experiment noch nicht festgestellt worden; es hat sich vielmehr durch die versuchten Nachweise das scheinbare Resultat der vollkommenen Constanz ergeben. Dabei darf man jedoch nicht übersehen, daß die in dieser Hinsicht angestellten Versuche nur in geringer Zahl vorliegen.

Meines Wissens sind es überhaupt nur Pecllet, Petruchefsky und Poggendorff gewesen, die derartige Versuche und zum Theil nur ganz beiläufig, angestellt haben. Die des Erstern (*Ann. de chim. et phys. T. III p. 233*) sind überdies nur mit Hülfe eines Elektroskopes an der ungeschlossenen einfachen Kette und zwar in der Weise

angestellt, daß in eine Zinkschale zuerst kalte und hernach siedende Schwefelsäure hineingethan und jedesmal die elektrische Spannung nach den Ausschlägen der divergirenden Goldblättchen berechnet wurde. Auf diese Weise ergab sich allerdings kein Unterschied der elektrischen Spannkraft des Zinks und der kalten Schwefelsäure vor der des Zinks und der warmen Schwefelsäure. Denn es blieb der Ausschlagswinkel in beiden Fällen derselbe. Man muß indessen bemerken, daß das angewendete Meßinstrument ein gewöhnliches Goldblattelektroskop war und keine große Genauigkeit und Schärfe der Versuche gestattete. Aus den von Peclet am angeführten Orte angegebenen Zahlenwerthen ergibt sich nämlich, daß er eine Aenderung der Spannkraft nur dann zu messen im Stande war, wenn sie mehr als $\frac{1}{31}$ der Gesamtwirkung betrug, und es bleibt also noch immer die Möglichkeit offen, bei Anwendung von empfindlicheren Apparaten eine jenseits dieser Gränze liegende Abänderung nachzuweisen. Auch wäre es überdies sehr wohl denkbar, daß sich andere Metalle und andere Flüssigkeiten anders verhielten als Zink und Schwefelsäure, und eine für das Elektroskop erkennbare Aenderung bei Zufuhr von Wärme wahrnehmen ließen, und es wäre also durchaus nothwendig, daß man dieselben Versuche mit andern elektrischen Erregern anstellt. Peclet hat indessen seine Versuche nicht weiter auf andere Metalle und Flüssigkeiten ausgedehnt, und so möchte denn aus dem vereinzelt dastehenden Ergebniss noch kein allgemeines Resultat herzuleiten seyn.

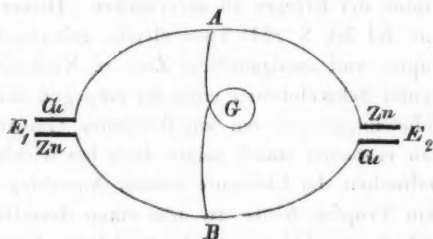
In gleicher Weise entbehren aber auch die Beobachtungen von Petruschefsky (*Bulletin de St. Petersburg T. XV, p. 336*), welcher die elektromotorische Kraft des Daniell'schen Elementes zwischen den Gränzen von $+3^{\circ}$ und $+70^{\circ}$ R. constant gefunden haben will, einer eigentlichen Beweiskraft gegen die Abänderung. Petruschefsky beschränkt sich nämlich blos auf die Angabe jenes Resultats, ohne die Art und Weise, wie er zu demselben gelangte, näher anzugeben; nur das geht aus dem übrigen

Inhalte der Arbeit, in welcher er seine beiläufigen Untersuchungen veröffentlicht, mit Sicherheit hervor, daß er die elektromotorische Kraft nach der Fechner'schen Methode bestimmte; im Uebrigen fehlt uns aber bei seinen Angaben ein nöthiger Anhaltspunkt und Maassstab, um die Zulänglichkeit und Sicherheit derselben bemessen zu können.

Weit sachgemässer, so wie auch einfacher, erscheint dagegen das Verfahren, dessen sich Poggendorff bedient hat, um die Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft von der Temperatur der Erreger zu untersuchen. Dieser schloß (Pogg. Ann. Bd 50, S. 264) zwei gleiche galvanische Ketten von Kupfer und amalgamirtem Zink in Kochsalzlösung oder verdünnter Schwefelsäure einander entgegen und führte in den Schließungsbogen ein empfindliches Galvanometer ein. Wie zu erwarten stand, zeigte dieß bei wirklich gleicher Beschaffenheit der Elemente keinen Ausschlag. Während nun ein Tropfen Säure zu dem einen derselben hinzugehan, sofort eine Ablenkung der Nadel zur Folge hatte, mithin die elektromotorische Kraft abänderte, blieb dieselbe bei der Erwärmung der einen Kette bis zur Siedehitze der Flüssigkeit in der Ruhelage. Poggendorff schloß daraus, daß die Temperatur keinen merkbaren Einfluß auf die elektromotorische Kraft der Hydroketten ausübe, wenigstens solcher, worin kein Contact heterogener Metalle stattfindet. Man hat allerdings keinen Grund einen Zweifel in die Beobachtungen eines Physikers, wie Poggendorff, zu setzen. Dennoch schien es wünschenswerth diesen Gegenstand von Neuem zu untersuchen und ich bin Hrn. Prof. Magnus zu großem Danke verpflichtet, daß er mir die erforderlichen Versuche in dem von ihm geleiteten Laboratorium auszuführen gestattet hat.

Von den verschiedenen Arten die elektromotorischen Kräfte zu bestimmen, schien mir für die fragliche Untersuchung die von Bosscha abgeänderte Poggendorff'sche Compensationsmethode, obwohl sie keine absoluten Werthe liefert, dennoch ausreichend und bequem — ausreichend insofern es mir nur auf die relative GröÙe einer

etwaigen Veränderung der elektromotorischen Kraft ankam, bequem insofern sie bei beliebiger Genauigkeit die Winkelmeßinstrumente entbehrlich machte. Bekanntlich besteht diese Methode darin, daß man zwei constante Elemente, welche man mit einander vergleichen will, in demselben Sinne in einen Stromkreis einschaltet, denselben durch einen Brückendraht mit einem Galvanometer verbindet und diesen so lange verschiebt, bis die Nadel aus ihrer anfänglichen Ruhelage nicht mehr verrückt wird.



Bezeichnet dann i die Intensität und ω den Widerstand des Brückendrahtes, und sind die beiden Elemente E_1 und E_2 mit den elektromotorischen Kräften ε_1 und ε_2 in der angegebenen Weise durch den Schließungsbogen $E_1 A E_2 B$ und den Draht AB verbunden und sind ferner ω_1 und ω_2 und i_1 , i_2 die bezüglichen Widerstände und Intensität der Leiter $AE_1 B$ und $AE_2 B$, so bestehen nach den Kirchhoff'schen Sätzen die Gleichungen:

$$i + i_1 = i_2; \varepsilon_1 = i_1 \omega_1 + i \omega; \varepsilon_2 = i_2 \omega_2 + i \omega.$$

Es ist aber $i = 0$, mithin folgt:

$$i_1 = i_2; \varepsilon_1 = i_1 \omega_1; \varepsilon_2 = i_2 \omega_2 = i_1 \omega_2$$

also

$$\varepsilon_1 : \varepsilon_2 = \omega_1 : \omega_2 \text{ oder } \varepsilon_1 \omega_2 = \varepsilon_2 \omega_1.$$

Schaltet man nun an einer beliebigen Stelle von $AE_1 B$ einen Widerstand a ein und ebenso an einer Stelle von $AE_2 B$ einen andern Widerstand b , der so im Verhältniß zu a beschaffen ist, daß wiederum kein Strom durch den Brückendraht AB geht, so folgt auf ganz dieselbe Weise, wie vorhin:

$$\varepsilon_1 (\varepsilon_2 + b) = \varepsilon_2 (\omega + a).$$

Wie man sieht, ergibt sich leicht aus den beiden gefundenen Relationen zwischen ε_1 und ε_2 die Endgleichung

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \frac{b}{a}.$$

Meine Versuche stellte ich nun nach dieser Methode unter Anwendung Daniell'scher Elemente an, da diese, wie es erforderlich war, von der Polarisation frei sind. Ich stellte zwei solche Elemente E_1 und E_2 , in deren äußern und inneren Zellen Thermometer standen und deren elektromotorische Kräfte ε_1 und ε_2 waren, in kleine Wasserwannen und führte einen Schließungsbogen von mäßig großem Widerstande ein. Um in demselben eine möglichst bequeme Einschaltung der betreffenden Widerstände a und b vornehmen zu können, bediente ich mich eines einfachen Rheochords Fig. 1 Taf. I, den ich mir zu diesem Zwecke dadurch herstellte, daß ich auf einem schmalen mit Millimeter-Eintheilung versehenen Brettchen zwei sehr feine gleichmäßig gezogene Platindrähte AB und CD parallel ausspannte und auf sie zwei beweglich parallelepipedische Holzklötzchen F und G mit Platin-Belegung und mit Klemmschrauben setzte. Die beiden Drähte AB und CD hingen überdies mit den beiden Enden A und C zusammen, während von den Klötzchen F und G Leitungen nach zwei ungleichnamigen Polen der Elemente K_1 und Z_2 führten, deren beide andere Pole K_2 und Z_1 gleichfalls durch einen Draht $Z_1 HK_2$ verbunden waren. Auf diese Weise waren die beiden Ketten vollkommen geschlossen und, wie man sieht, in demselben Sinne in den Stromkreis eingeschaltet. Um daher die für die Bosscha'sche Methode erforderliche Verbindung der beiden Elemente ganz herzustellen, brauchte ich bloß das eine Ende eines Galvanometerdrahtes nach einem Punkte L der Leitung AC ; das andere dagegen nach einem Punkte H der Leitung $Z_1 K_2$ zu führen.

Nach den Untersuchungen von Petruschefsky ist bekannt, daß selbst die constanten Ketten bei anhaltender Dauer des Stromes ohne äußeres Zuthun allmählich abän-

dern. Bei der Daniell'schen Kette ist das allerdings noch am wenigsten der Fall, indessen läßt sich doch auch an dieser nach einiger Zeit ein Schwanken beobachten. Um diesem Uebelstande, soweit wie möglich zu begegnen, brachte ich in der angegebenen Verbindung einen Stromunterbrecher an, vermittelt dessen die Leitungen, sowohl die durch HC als auch die durch HK , jeden Augenblick unterbrochen oder wiederhergestellt werden konnten.

Auf diese Weise war ich in Stand gesetzt, die Elemente immer nur auf Augenblicke wirken zu lassen, also jegliche Aenderung der elektromotorischen Kraft durch unnöthigen Gebrauch gänzlich zu vermeiden und ich konnte mithin sicher seyn, die letztere von Unregelmäßigkeit ziemlich frei gemacht zu haben, sehr geringe Zufälligkeiten etwa abgerechnet, die das durch die Thonzelle allmählich vor sich gehende Durchdringen der Flüssigkeiten zur Folge hatte.

Bei der Bestimmung der elektromotorischen Kräfte der Elemente mit denen ich manipulierte, und deren Temperaturen sorgfältig beobachtet und notirt wurden, verfuhr ich nun in der Weise, daß ich die Holzklötzchen F und G zuerst an dem einen und hernach an dem andern Ende des Reochords so einstellte, daß durch das Galvanometer in keinem Falle ein Strom ging: aus den an der Scale abgelesenen Längen der eingeschalteten Drähte, denen die Widerstände direct proportional sind, ergab sich dann zu Folge der Formel $\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \frac{b}{a}$ die eine elektromotorische Kraft durch die andere unmittelbar ausgewerthet. Untersuchte ich nun die Spannkraft zu verschiedenen Zeiten, so fand ich, wenn die Verbindung inzwischen aufgehoben war, bei unveränderter Temperatur der beiden Ketten fast immer ganz gleiche Werthe für das Verhältniß $\frac{b}{a}$. Wurde dagegen das eine Element E_2 erwärmt oder abgekühlt — durch siedendes Wasser oder gestossenes Eis in der umgebenden Wanne — so ergab sich sofort bei erneuter Be-

stimmung für $\frac{b}{a}$ ein von dem früheren differirender Werth. Natürlich ging die Erwärmung oder Abkühlung durch das Glasgefäß, die Kupfervitriollösung und die Thonzelle bis zur verdünnten Schwefelsäure nur langsam vor sich, so daß ich dadurch in Stand gesetzt war, die elektromotorische Kraft ε , bei den verschiedenen Temperaturen des Elementes E , zu bestimmen. Ich hatte dabei zu gleicher Zeit Gelegenheit, die etwaige Wirkung kennen zu lernen, welche eine ungleichmäßige Erwärmung der beiden Flüssigkeiten zur Folge hatte. Es ist dies ein höchst wichtiger Punkt, über den indessen die in Frage stehenden Untersuchungen noch nicht zu einem vollkommen sichern Resultate führen konnten. Es stellte sich nämlich so lange die Temperatur in beiden Zellen verschieden und der Wärmezustand kein stationärer geworden war, der Beobachtung eine doppelte Schwierigkeit in den Weg. Denn da in diesem Falle der Widerstand in der Kette fortwährend abänderte, so war einerseits die Nadel schwer zum Einstehen zu bringen; anderseits war aber auch das w , während einer Bestimmung von ε , nicht genau dasselbe, konnte also auch nicht aus den beiden Formeln

$$\varepsilon, w, = \varepsilon, w, \text{ und } \varepsilon, (w, + b) = \varepsilon, (w, + a)$$

eliminiert werden. Um aber dennoch trotz der sich darbietenden Schwierigkeiten ein wenigstens annäherndes Resultat zu gewinnen, stellte ich die Bestimmung von ε , bei der ein im Laboratorium des Hrn. Prof. Magnus beschäftigter Freund — Hr. Dr. Zehnder — hilfreiche Hand leistete, so an, daß die Holtzklötzchen zuerst am Anfange dann am Ende und hierauf nochmals am Anfange der Scale bis zur Ruhelage der Nadel eingestellt wurden. Je weniger Zeit während dieser ganzen Manipulation verstrich, je weniger sich also während derselben die Temperaturen und der Widerstand veränderten, um so genauer stimmten dabei die bei der ersten und dritten Ruhelage der Nadel erhaltenen Werthe der Scalentheile mit einander überein.

Für die Rechnung wählte ich aber als sicherste Werthe die sich als Mittel ergebenden.

Von den auf die beschriebene Art und Weise in grosser Anzahl angestellten Beobachtungen will ich nur einige wenige in der folgenden Tabelle mittheilen. In dieser bezeichnen θ die Temperatur des Element E , t_2 die äussere und t_1 die innere Temperatur des Elementes E_1 , und β und α die Zahlen der Theilstriche, bei denen die Holzklotzchen eingestellt werden mußten, damit kein Strom durch das Galvanometer ginge. Die Grössen b und a die sich einfach aus den Differenzen der verschiedenen für β und α gefundenen Werthe ergeben, sind nicht besonders bemerkt; dagegen enthält die Rubrik unter ε , die elektromotorische Kraft von E_1 bei den verschiedenen Temperaturen in Einheiten von $\varepsilon_1 = 100$ ausgedrückt:

I.

θ	β	α	t_2	t_1	ε
19,7	11	10	19,7	19,7	100
	910,6	910			
	41,5	10			
	86,7	810	35,5	29	102,8
	46	10			
	47	10			
	946	890	36,6	37	102,3
	42	10			
	30	10			
	942	910	28,5	32,7	101,3
	20	10			
	923	910	25	29	100,3
	20	10			
	904	890	25	29	100,4

II.

θ	β	α	t_1	t_2	t_3
19	14	14,5	7	12	100,1
	963	963			
	954,8	960	7	9	100,1
	15	21			
	15	21	8,5	8,5	
	955	961			100,0
	15	22	36,5	34,5	
	963	935			104,0
	15	25	37	36	
	963	938			104,0
	15	24,5	37	37	
	963	940			103,6
	956	930			
	22	30			103,7
	948	940	19	21	
	15	32			102,7

III.

20	20	62	20,8	20	
	934	970			101,2
	14	24	43	33	
	961	940			103,4
	14	28	44	40	
	965	950			103,2
	15	15	27	34	
	968	950			101,9
19	15	25			
	952	945	25	27	101,8
	15	26			

θ	β	α	t_x	t_z	t_y
19	953	945	24,8	26	
	15	26			102
	921	960	21	24	
	15	65			101,3
	921	960			
	15	66			

Schon eine oberflächliche Betrachtung vorstehender Ergebnisse zeigt, daß die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes im Allgemeinen mit der Temperatur zunimmt und sich bei Erniedrigung derselben verringert. Dabei ist es selbstverständlich, daß die beobachtete Zunahme nicht bloß scheinbar ist und nicht etwa in einer bei der Erwärmung der Flüssigkeit auftretenden Verringerung des Leitungswiderstandes ihren Grund hat. Wenn sich bei der Erwärmung eines Elementes in dem Schließungsbogen eine größere Stromintensität zeigt, so soll freilich dieselbe nach Petruschefsky's Ansicht allein von dem durch die Temperaturerhöhung verminderten Widerstand, nicht etwa von einer erhöhten elektromotorischen Kraft herrühren. An und für sich ist dies möglich, da eine Erhöhung der Intensität i zu Folge der Ohm'schen Formel $i = \frac{e}{w}$, ebensowohl von einer Zunahme der Kraft e als von einer Abnahme des Widerstandes w bedingt seyn kann. In unserm Falle kommt dies aber weiter nicht in Betracht, da die Kraft e unabhängig von dem Leitungswiderstand und der Intensität nach der Bosscha'schen Methode bestimmt wird, insofern sich beide aus den betreffenden Gleichungen eliminiren.

In anderer Beziehung liefs sich jedoch das gegen die vorhin erwähnten Resultate einwenden, daß die Flüssigkeit, wenn sie bei der Erwärmung in den beiden Zellen ansteigt mit neuen andersartigen Stellen auf der Oberfläche der Elektromotoren in Berührung komme, und daß hierdurch die beobachtete Veränderung an der elektromotori-

schen Kraft veranlaßt seyn könne. Es mußte jedoch in diesem Falle das Eintauchen eines indifferenten Körpers z. B. eines Glasstabes in die Flüssigkeit durch das bewirkte Ansteigen derselben eine gleiche Folge haben, was, wie leicht zu beobachten war, nicht stattfand. Man könnte überdies auf den Gedanken kommen, daß durch die Erwärmung des Elementes Polarisation erzeugt werde, und daß diese vielleicht jene Aenderungen in der elektromotorischen Kraft bedinge. Indessen würde die Polarisation jedenfalls dem primären Strome entgegenwirken und es müßte also Erwärmung eines Elementes Schwächung der Kraft zur Folge haben, was nicht der Fall ist. Daß überdies im Daniell'schen Elemente bei nicht allzu großer Erwärmung keine merkbare Polarisation auftrat, ergab sich im Uebrigen direct daraus, daß die Kraft durch Schütteln des Elementes, wodurch jedenfalls die Polarisation geändert wäre, nicht influirt wurde.

Dabei darf man jedoch nicht übersehen, daß die Spannkraft des Daniell'schen Elementes keine einfache, sondern vielmehr eine aus verschiedenen einzelnen zusammengesetzte ist. Wie bekannt wirken in demselben aufser der elektrischen Kraft von Zink gegen Kupfer die von Kupfer gegen Kupfervitriol und die von Zink gegen Schwefelsäure und zwar dergestalt, daß sich jene von dieser als der grösseren subtrahirt. Demnach können die Vorgänge die bei der beobachteten Zunahme der elektromotorischen Kraft statthaben, mehrfacher Art seyn, und es kann dieselbe eben sowohl durch eine Vergrößerung als auch durch eine Verringerung der einzelnen Spannkraften zu Stande kommen. Denn bezeichnen wir die Kraft eines Daniell'schen Elementes mit ϵ , so erhalten wir die Gleichung:

$$\epsilon = \text{Zk} / \text{Cu} + \text{Zk} / \text{SO}_3 - \text{Cu} / \text{CuOSO}_3,$$

und wir sehen hieraus, daß ϵ bei unverändertem Werthe von Zk / Cu wachsen würde, eben sowohl durch Vergrößerung des Minuendus Zk / SO_3 als auch durch Verminderung des Subtrahendus $\text{Cu} / \text{CuOSO}_3$. Woher nun aber beim Daniell'schen Element die Zunahme der Kraft in

Wirklichkeit rührt, läßt sich weder *a priori*, noch aus den vorstehenden Versuchen mit Sicherheit bestimmen. Indessen scheint doch wenigstens das aus letzteren hervorgezogen, daß die Erwärmung von Schwefelsäure geringern Einfluß auf die Aenderung der Kraft ausübe als die der Kupfervitriollösung, und hieraus würde dann folgen, daß jene Zunahme bei der Erwärmung vorzugsweise durch die Abnahme der Spannkraft von Kupfer und Kupfervitriol bedingt sey.

Um die Sache mit Sicherheit zu entscheiden, mußte ich von dem bisher eingeschlagenen Wege abgehen und sie nunmehr von einer andern Seite angreifen. Wie man sieht kam es darauf an, die Aenderung der betreffenden elektrischen Spannkraft unter weniger complicirten Verhältnissen als beim Daniell'schen Elemente sichtbar zu machen, d. h. also die einzelnen elektromotorischen Kräfte zu sondern und für sich auf ihr Verhalten zur Wärme zu untersuchen. Ich ging zu dem Ende von der Spannkraft von Kupfer und Kupfervitriol aus und zwar in der Weise daß ich zwei Glasgefäße, welche sich in Luftbädern befanden und deren innere Temperatur durch eingeführte Thermometer bestimmt werden konnte, mit Kupfervitriol anfüllte und durch ein zweimal gebogenes Heberrohr in Verbindung setzte, und daß ich dann in sie zwei Kupferdrähte durch Korke hineinleitete. Verband ich nun die Drähte mit den Enden eines Galvanometerdrahtes, so durfte der Theorie nach die Magnetnadel, falls die Elektromotoren wirklich gleichartig waren, keine Ablenkung zeigen. Es waren nämlich in diesem Falle, die in dem Schließungsbogen vorhandenen elektromotorischen Kräfte einander gleich und wirkten einander entgegen. Im Allgemeinen war es jedoch schwer zwei vollkommen gleiche Kupferdrähte herzustellen, da schon ein geringer Unterschied in der Härte oder eine geringe Spur von Oxydschicht der einen elektromotorischen Kraft das Uebergewicht über die andere verschaffte. Aus diesem Grunde zeigt sich in der Regel beim Schließen der Kette ein Strom von geringer Intensität in

dem Galvanometer, falls es sehr empfindlich war. Für die nachfolgenden Untersuchungen benutzte ich nun ein Wiemann'sches Spiegelgalvanometer mit 12,000 Windungen und magnetisirtem Spiegel, dessen Ablenkungen durch ein 2,5^m entferntes Fernrohr an einer Scale mit Millimetertheilung abgelesen wurde. Für geringere Ausschläge wurde die Intensität des ablenkenden Stromes der Anzahl der Scalentheile, um welche der Spiegel abgelenkt ward, proportional gesetzt; für gröfsere Abweichungen (über 400^{mm}) dagegen den Tangenten derselben.

Wenn die im vorhergehenden angegebene einfache Kupfer-Kupfer-Kette längere Zeit geschlossen gewesen war, so dafs der etwa vorhandene geringe Strom constant geworden, so wurde das eine Luftbad langsam erhitzt, während das andere bei gleicher Temperatur blieb. Es zeigte sich in diesem Falle sofort ein Strom von bedeutender, allmählich zunehmender Intensität, welcher scheinbar mit der Temperatur proportional wuchs. Was die Richtung desselben anbelangte, so ergab sich nach der Ampère'schen Regel, dafs die positive Electricität vom kalten Kupfervitriol durch das Heberohr nach dem warmen strömte. Nun ladet sich aber, wie Kohlrausch am Elektrometer nachgewiesen hat, wenn Kupfer mit Kupfervitriol in Berührung gebracht wird, ersteres mit negativer, letzteres mit positiver Electricität. Bezeichnen wir also die Gröfse der bei der Berührung beider Körper freiwerdenden Electricität (Fig. 2 Taf. I) mit e so ist die elektrische Ladung in der obigen Kette, so lange der Zustand der beiden Berührungsstellen ungeändert bleibt, an den Metallen $-e$, in der Flüssigkeit $+e$ und es kann daher keine stationäre Strömung der Electricitäten stattfinden. Sobald indessen die eine der beiden Berührungsstellen der Metalle und Flüssigkeiten z. B. B erwärmt wird, so wird sich im Allgemeinen in Folge davon die daselbst auftretende Spannkraft vergrößern oder verringern, d. h. es wird die elektrische Ladung der Flüssigkeit bei B , $(+e) + x$ oder $(+e) - x$ und die des Metalles bei B , $(-e) + x$ oder $(-e) - x$. Bei der Erwärmung

von B indicirte aber, wie oben angführt ist, das Galvanometer eine Strömung einer positiven Elektricität von A durch das Heberrohr nach B . Diefs kann aber nur dann der Fall seyn, wenn bei B weniger positive Elektricität vorhanden ist als bei A . Weil nun aber bei A nichts geändert, folglich auch die dort vorhandene positive Elektricität nicht vermehrt ist, so muß die bei B auftretende positive Elektricität vermindert, mithin die elektromotorische Kraft durch das Erwärmen geschwächt seyn.

Um nun die Gröfse dieser Verminderung festzustellen, kam es zuerst darauf an, sie in irgend welchen Einheiten auszudrücken. Zu diesem Zwecke wurde diejenige Stromintensität als Einheit angenommen, welche den Spiegel bei der obengenannten Stellung des Fernrohres um die Gröfse eines Scalentheiles ablenkte; als Einheit des Leitungswiderstandes dagegen der Widerstand der ganzen Schließung, welchen ich so groß machte, daß die Erwärmung der flüssigen Leitung keinen abändernden Einfluß ausübte.

Ich lasse jetzt einige Beobachtungen folgen, aus denen ersichtlich ist, wie durch die Erwärmung des Poles B die Intensität und mithin auch die sie erzeugende elektromotorische Kraft in der beschriebenen einfachen Kette ansteigt wobei ich nochmals besonders darauf aufmerksam mache, daß jene elektromotorische Kraft die Differenz der beiden in der Schließung vorhandenen sich entgegenwirkenden Spannungen ist, von denen die eine bei A unverändert bleibt, die andere bei B dagegen fortwährend abnimmt.

In nachstehender Tabelle bezeichnete: R die Scalentheile, welche man vor, und i die, welche man nach der Schließung des Stromes durch das Fernrohr ablas; t_2 und t_1 die Temperaturen der Berührungsstelle von Kupfer und Kupfervitriol und ϵ_A die durch die Erwärmung von B bewirkte Abnahme der daselbst vorhandenen Spannkraft von $\text{Cu} / \text{CuOSO}_3$, wobei zu bemerken, daß ϵ_A den Intensitäten proportional gesetzt ist.

II.

R	i	t ₁	t ₂	$\frac{t_2}{t_1}$
514	520	16,75	16,75	1,00
	585		55	71
	588		55	74
	585		55	71
	590		60	76
	657		88	143
	640		80	126
	637		78	123
	630		75	116
	619		71,7	105
	612		68	98
	591		55	77
	577		51,7	63
	573		49	59
	570		47	56
	565		44	51
	547		34,5	33
	550		33	36

Die vorstehenden Versuche sind zwar mit möglichster Sorgfalt angestellt; aber dennoch ergeben sie keine ganz genauen Resultate, weil bei den Beobachtungen der Wirkung der Polarisation keine Rechnung getragen werden konnte. Es ist nämlich klar, daß sobald bei der Erwärmung der einen Berührungsstelle von Kupfer und Kupfervitriol ein Strom auftritt, auch sofort die Polarisation sich zeigen wird; denn wie man sieht spielen die beiden Kupferstreifen in der angegebenen Verbindung nicht nur die Rolle der Erreger, sondern auch zugleich die der Elektroden, und während sich also an der erwärmten Kupferplatte metallisches Kupfer abscheidet, wird sich nothwendig an der nicht erwärmten Sauerstoff absetzen und dadurch einen dem primären entgegenwirkenden Strom erzeugen.

Allerdings ist die Polarisation an Kupferelektroden wie unter Andern du Bois-Reymond ¹⁾ gezeigt hat, nur sehr

1) Monatsberichte, 1859, S. 460.

geringe, indessen ist sie doch nicht ganz verschwindend, und ziehen wir dieses in Betracht, so folgt, daß die obigen Werthe von i im Allgemeinen zu klein seyn werden.

Ganz ähnliche Versuche, wie die mit Kupfervitriol und mit Kupferstreifen, stellte ich hierauf auch mit verdünnter Schwefelsäure und amalgamirtem Zink an. Hierbei ergab sich das überraschende Resultat, daß eine Erwärmung fast gar keine Aenderung der Spannkraft zur Folge hatte. Die Versuche wurden mit verschiedenen Verdünnungen der Säure wiederholt, doch wurde auch hierdurch kein wesentlich anderes Resultat erzielt. Fast in allen Fällen wurde das amalgamirte Zink mehr oder weniger heftig von der Säure bei der Erwärmung angegriffen, und die sofortige Folge davon war, daß es sich ganz und gar mit Bläschen überzog; wurden dann diese durch die bei der Erwärmung in Bewegung gerathende Säure abgelöst, so zeigte sich allerdings mitunter eine ganz plötzliche Aenderung in der elektromotorischen Kraft, die aber durchaus als von zufälliger Natur erschien. Ueberdies war sie in den meisten Fällen sehr geringe und bei weitem nicht so bedeutend, wie die bei dem Kupfervitriol beobachtete.

Weit günstiger stellten sich die Beobachtungen dar, als ich die Schwefelsäure in meinem einfachen Elemente durch Zinkvitriollösung ersetzte. Auch fiel hier der große Uebelstand weg, welcher beim Kupfer und Kupfervitriol störend war, nämlich die Polarisation.

Wie Regnault und Matteucci¹⁾ nämlich zuerst nachgewiesen haben, tritt an amalgamirten Zinkelektroden in einer Zinkvitriollösung durchaus keine Polarisation auf. Die aus den beobachteten Intensitäten abgeleiteten Werthe der elektromotorischen Kräfte waren daher in diesem Falle ganz genau und sicher, und es liefs sich deshalb an ihnen die interessante Frage entscheiden, ob die Veränderungen der Spannkraft denen der Temperatur in aller Strenge proportional waren. Was zunächst den Sinn dieser Aenderung der Spannkraft bei Erhöhung der Temperatur anbelangte,

1) *Compt. rend. T. XLIII, p. 234* und *T. XXXVIII, p. 891.*

so ergab sich dieser, da der positive Strom wiederum beim Erwärmen der einen Berührungsstelle von der nicht erwärmten durch das Heberrohr zum erwärmten ging durch eine ganz ähnliche Deduction, wie beim Kupfer und Kupfervitriol als genau derselbe.

Es werden nun die nachstehenden Versuchsreihen einen Begriff von der GröÙe der Abänderungen der elektromotorischen Kraft von Zink gegen Zinkvitriol geben und zugleich zeigen, wie sich dieselbe zur Wärmezunahme verhält.

Es ist aber klar, dafs wenn die Abnahme der Kraft der zugeführten Wärme proportional ist, dafs dann die Einheiten ersterer dividirt durch die Einheiten letzterer stets denselben Quotienten ergeben müssen. Dafs dies in Wirklichkeit der Fall ist, werden die in der Columnen Q berechneten Werthe jener Quotienten ausweisen. Da nun bei den nachfolgenden Versuchen der Widerstand des Schließungsbogens gröÙerer Ausschläge wegen, nicht so groÙ gemacht war wie früher, so blieb der Widerstand der Schließung bei der Erwärmung der Flüssigkeit nicht vollkommen constant und er ist daher der Sicherheit wegen durch Vergleich mit einem bekannten Widerstande berechnet. Es wurde nämlich der Widerstand von 90 Meilen Telegraphendraht ($= 5224$ Siemens'schen Quecksilbereinheiten), dem Schließungsbogen eingeschaltet und die primäre Stromintensität i mit der sich nun ergebenden i_1 verglichen. Nach einer bekannten Formel ergibt sich dann die elektromotorische Kraft $\varepsilon_A = \frac{i i_1}{i - i_1}$.

I. Concentrirte Zinkvitriollösung.

R	i	i_1	t_1	t_2	ε_A	Q
42	39	40	15	15	— 6	
	212	131		47	+ 186	6,00
	430	42		81	+ 418	6,5
	22,5	31		13	— 24	
	372	211		71	+ 317	6,4

#	i	t ₁	i ₂	t ₂	A	Q
42	152	98,5		36,4	116	6,0
36	36	36	17	18		
	125	80		33	88	6,0
37	240	143		52	218	6,4
37	37	37	18	19		
	240	143		53	224	6,36
34	337	190		69	322	6,44
35	440	240		83	420	6,56
40	17	27,5	15	10,5	- 27	
	83	63		23	+ 49	5,9
	137	90		32	103	6,0
	13	25,6	15,7	10,2	- 29	
42	260	155	16	53	236	6,21
	376	215	16,7	72	351	6,30
41	460	258	17	85	442	6,41
49	57	53	1,5	— 2	+ 8	
50	134	95	1,6	16	97	6,3
	236	150		33	205	6,4
	308	188		44	294	6,8
	256	215		52	367	7,0
	510	295		74,5	525	7,1
II. Concentrirte Lösung mit 4 Th. H ₂ O.						
142	81	108	15	3	- 77	
	254	204		37	136	6,18
	330	245		51,2	229	6,39
	397	282		62,5	310	6,50
	511			81,5		
		340		80,8	441	6,64
140	81	108		3	70	
	296	227		45	196	6,33
142	475	325		75	406	6,61
	518 — 520	346 — 347		82	456	6,65

R	i	i_1	t_1	t_2	Δt	Q
183	183	183	1	3	0	
	295	244		26,8	134	5,64
	332	261		34	177	5,68
	420	313		49,5	288	6,20
184	547	383		72	443	6,42
	629	726		85	528	6,44
184	184	184	1	3		
	327	263		33	176	5,87

III. 2 Theile Zinkvitriol und 67 Theile Wasser.

40	38	39	1,5	0,5		
	125	96		25	150	6,4
47	201	147		45,46	285	
	373	248		82	555	6,9

IV. 6 Theile Zinkvitriol und 64 Theile Wasser.

40	62	52	2,3	1	30	
	176	117		25	177	6,15
41	240	156	3	38	226	6,3
				36,5		
	370	225		60	391	6,5
43	522	308		85	580	6,9

Ein Blick auf die Werthe Q zeigt, daß sie nicht gleich sind, sondern daß sie je größer die Temperaturdifferenz ausfällt, um so größer werden. Daraus kann man abnehmen, daß sich die elektrische Spannung von Zinkvitriol und amalgamirtem Zink schneller verringert, als die Temperatur zunimmt. Um nun das Gesetz, nach welchem beide Größen, die Temperaturzunahme Δt und die Kraftabnahme $\Delta \varepsilon$ mit einander verbunden sind, annähernd darzustellen, liegt es nahe, wie in allen derartigen Fällen, die Annahme zu machen, daß die Aenderung der elektromotorischen Kraft $\Delta \varepsilon$, wenn sie nicht durch eine Function ersten Grades, doch durch eine Function zweiten Grades von Δt dargestellt werde und also die Form habe

$$\Delta \varepsilon = + a \Delta t + b \Delta t^2.$$

Um jetzt a und b zu finden, braucht man nur aus den vorstehenden Beobachtungen zwei bezüglich zusammengehörige Werthe von Δt und $\Delta \varepsilon$ aus der Columnne $t b$ und ε in die Gleichung $\Delta \varepsilon = a \Delta t + b \Delta t^2$ einzusetzen und die beiden entstehenden Gleichungen nach a und b aufzulösen. Setzt man z. B. für $\Delta \varepsilon$ und Δt die aus der ersten Beobachtungsreihe genommenen Werthe $\Delta \varepsilon = 192$, $\Delta \varepsilon = 424$ und $\Delta t = 32$, $\Delta t = 66$, so findet man für a und b die Werthe $a = 5,608$ und $b = 0,0123$, so daß also $\Delta \varepsilon$ ausgedrückt wird durch die Formel:

$$\Delta \varepsilon = 5,608, \Delta t + 0,0123 \Delta t^2$$

Es fragt sich nun, ob die nach dieser Formel berechneten Werthe mit den beobachteten vollständig übereinstimmen. Ich habe die Rechnung für einige Temperaturen ausgeführt und gefunden, daß die Formel anwendbar ist für die Beobachtungsreihe, aus welcher $\Delta \varepsilon$ und Δt zur Bestimmung von a und b entnommen sind. Es wurde z. B. gefunden:

Δt	beobachtete Intension	berechnete Intension
15	88	87
31,4	122	124
56	353	352

Für die übrigen Beobachtungsreihen paßt indessen obige Formel nicht, und es wäre also für jede derselben eine eigene zu berechnen. Ich habe jedoch dieses unterlassen, weil es von keiner besondern Wichtigkeit seyn möchte. Dagegen scheint es mir von Interesse zu seyn — obwohl es mich von dem beabsichtigten Gange meiner Untersuchungen ein wenig abführen mußte — beiläufig zu untersuchen wie sich das amalgamirte Zink in einer Chlorzinklösung bei der Erwärmung verhält. Auch hierbei tritt bekanntlich keine Polarisation auf, so daß also von dem etwaigen Resultat Zuverlässigkeit zu erwarten stand. Durch mehrere Beobachtungsreihen, die überdißs mit verschiedenen Concentrationen angestellt wurden, erhielt ich nun das Ergebnis, daß die Spannkraft von Chlorzink und amalgamirtem Zink gleichfalls bei der Erwärmung abnimmt. Was aber die

Größe der Abnahme anbetrifft, so geben davon folgende Reihen den besten Aufschluss, in welchen die Zeichen

$$R, i, i_1, i_2, i_3, Q$$

die selbe Bedeutung haben wie früher.

1. $44\text{HO} - 39\text{ZnCl}$

R	i	i_1	i_2	i_3	Q
39	21	30	2,5	3,8	— 18
37	176,5	109		35	+ 148 5,2
	397	223		80 — 79	+ 407 5,6
40	21	30	3	3,5	— 21
	252	147		52,6	+ 216 4,2
	343	190		71 — 70	+ 300 4,7
	400	220	3,7	82	366 4,9
	410	226		84	374 4,9
40	20	30	5	3	— 20
41	250	143	53,8		200 4,6

II. $107\text{HO} - 23\text{ZnCl}$

50	54	52	9	9	2
	372	217	85	—	318 4,5
53	52	53	2,0	2,8	
	150	105	30	—	112 4,1
52	191	126	40,8	—	159 4,2
	238	151	52	—	201 4,1
	276	170	61	—	249 4,3
	373	221	82,5	—	357 4,4
	406	235	88 — 87	—	387 4,5
	358	215	79,5	—	350 4,5
51	53	52	4	4	— 2
	119	176	38	—	149 4,3
	118	174	37	—	148 4,3
	226	145	49,5	—	203 4,4
	250	157	55	—	230 4,5
	266	166	59	—	244 4,5
	332	200	72,8	—	318 4,6
	392	229	85 — 84	—	373 4,6

III. 84 H ₂ O 10 Zn Cl.						
R	i	i	i	i	i	Q
40,5	49	45	5	52	+	9
	141	95		30,1	+	122 4,5
40	255	153	5,5	56		238 4,6
	218	134		47,6		392 4,5
	355	305	6,5	77,5 — 77		347 4,7
	378	217	7	81,8 — 81		372 4,8

Die vorstehenden Zahlenwerthe zeigen uns nun erstens, daß die Abnahme der Spannkraft von Zn / ClZn nicht so groß ist als die der Spannkraft von Zn / ZnOSO₃ und zweitens, daß auch diese Abnahme der Temperaturzunahme nicht in aller Strenge proportional ist.

Nachdem ich durch die im Vorhergehenden beschriebenen Versuche das Verhalten der einzelnen Spannkräfte, welche im Daniell'schen Elemente zusammenwirken, in ihrer Beziehung zur Wärme näher untersucht hatte, hielt ich es durchaus für nicht überflüssig, noch einmal die Versuche am Daniell'schen Elemente zu wiederholen und dann zu gleicher Zeit für die verdünnte Schwefelsäure auch Zinkvitriol und auch andere Flüssigkeiten anzuwenden. Ich ging jedoch zu diesem Ende auf das frühere Verfahren nicht wieder zurück, weil dies wenig Interesse darbieten konnte, sondern construirte mir ein Daniell'sches Element eigener Beschaffenheit, an dem sich die Erscheinungen nicht so compliciren konnten, und nahm dann an diesem die Bestimmungen der elektromotorischen Kraft in etwas modificirter Weise vor. Es wurden nämlich zwei rechtwinklich gebogene Glasröhren *ABC* und *DEF* mit einer Oeffnung von etwa 25 Millimeter durch einen Schlauch verbunden, nachdem das eine der zu verbindenden Enden — *A* — mit thierischer Blase verschlossen war. Hierauf wurden die beiden nicht verbundenen Schenkel der Glasröhren *CB* und *EF* durch Korke in zwei unten und oben offene weite glockenförmige Glasgefäße geführt, so daß sie von diesen als Wasserbädern umgeben wurden. Durch Stative wurden die Schenkel in aufrechter Richtung gehal-

ten, während der andere Theil des Apparates, wie die Fig. 3 Taf. I zeigt, in eine mit Wasser gefüllte Blechwanne tauchte. In die eine der beiden verbundenen Röhren *ABC* wurde hierauf Kupfervitriol hineingethan in die andere *DEF* dagegen bald verdünnte Schwefelsäure, bald Zinkvitriol, bald Kochsalzlösung; und während nun in erstere ein Kupferstreifen als metallischer Erreger eingeführt ward, vertrat in letzterer amalgamirtes oder auch gewöhnliches Zink die Stelle eines solchen. Zu gleicher Zeit konnte man an Thermometern, welche sich in den Flüssigkeiten möglichst dicht an den metallischen Erregern befanden, die Temperaturen der beiden Berührungstellen der Metalle und Flüssigkeiten bestimmen. Letztere standen wiederum mit den Enden des Galvanometerdrahtes in Verbindung, so daß der Strom des auf diese Weise hergestellten Daniell'schen Elementes direct durch das Messinstrument ging. Um aber die Empfindlichkeit desselben so weit zu schwächen, daß man die Intensität des Stromes messen konnte, mußten die Windungen des angewandten Spiegelgalvanometers von dem Spiegel entfernt werden. Um die langwierige Rechnung zu sparen wurde der Widerstand des Schließungsbogens wiederum so groß gemacht, daß die Aenderung in Folge der Erwärmung des Elementes gegen den gesammten Widerstand verschwand, und es konnte dann die jedesweilige Kraft der Kette der am Galvanometer bestimmten Intensität proportional gesetzt werden.

Gleich nach der Schließung des Stromkreises zeigte das oben beschriebene Daniell'sche Element einige Schwankungen, nach einiger Zeit stellte sich aber ein constanter Strom her. Erst dann wurde die Bestimmung der Kraft vorgenommen und zwar in der Regel mehrfach in kleineren Zwischenzeiten; während die Temperaturen der Flüssigkeiten zunächst noch unverändert blieben. Wurde nun aber die Flüssigkeit um das Kupfer durch Eis oder warmes Wasser in den Glasgefäßen abgekühlt oder erhitzt, so wurde in Uebereinstimmung mit den früheren Untersuchungen wiederum die elektromotorische Kraft abgeändert. Da-

bei stellte sich heraus, daß eine Erwärmung der Schwefelsäure in DEF völlig gleichgültig war und gar keine Aenderung zur Folge hatte, wie dies nach den früheren Untersuchungen ebenfalls zu erwarten stand. War dagegen das Daniell'sche Element statt mit verdünnter Schwefelsäure mit Zinkvitriollösung zusammengesetzt, so wurde durch die Erwärmung des Zinks bei unveränderter Temperatur der Kupferlösung die elektromotorische Kraft der Kette um ein Bedeutendes geschwächt. Wurde aber endlich statt Schwefelsäure Kochsalzlösung mit nicht amalgamirtem Zink angewendet, so stieg wiederum die elektromotorische Kraft des Elementes beim Erwärmen der Kochsalzlösung an, was bei Anwendung von amalgamirtem Zink nicht der Fall war. Einige Zahlenwerthe werden die Belege zu diesen Angaben liefern. In nachstehenden Beobachtungsreihen bedeutet R wieder den Stand des Spiegels in der Ruhe, a den beim Hindurchgange des Stromes, i dessen Intensität und ε die elektromotorische Kraft, wobei zu bemerken, daß die anfängliche der Uebersichtlichkeit wegen stets gleich 100 gesetzt ist; tk und tz bezeichnen die Temperaturen der respectiven Flüssigkeiten.

R	I. $1 \text{ CuOSO}_4 + 4 \text{ H}_2\text{O}$			$1 \text{ SO}_2 + 16 \text{ H}_2\text{O}$		
	a	i	tk	tz	ε	
45	496	451	16	16	100	
	530	488	71		107,5	
	500	455	21			
43	476	433	16,5	16	100	
	509	466	74		107	
	478	435	20			
44	475	432	17		100	
	512	470	78		108	
	496	452	46,5		104	
38	515	477	17	16	100	
	549	511	75		107	
39	515	476	17		100	
	537	499	56		105	
	514	475	17		100	
	537	499	56		105	
	515	476	17			

45	491	446	15	16	100
	528	483	72	11	107
77	491	446	15	11	100

II. Concentrirtes Kupfervitriol, Concentrirtes Zinkvitriol.

51	505	454	3	2,5	100
	481	430		79	94,6
50	505	455	1	100	
	479	429	84	94	
	505	755	1,8	100	
	540	490	81	108	
	506	456	9		
	502	452	1	100	
	538	488	78	108	
	503	453	2	100	

III. Concentrirte Kochsalzlösung und concentr. $\text{CaO}8\text{O}_2$.

50	511	461	1	6	100
	521	471		85	102
46	504	458		15	100
	514	468		75	102
	500	454		20	100
	510	464		80	102

Aus den vorstehenden Angaben ersehen wir also, was schon oben angedeutet war, daß die Erwärmung der Kochsalzlösung, bei unveränderter Temperatur der Kupfervitriollösung, eine Erhöhung der gesamten elektromotorischen Kraft des Daniell'schen Elementes zur Folge hat. Es ist das insofern interessant, als sich daraus ergibt, daß die elektrische Spannung von amalgamirtem Zink und Chlor-natrium mit der Temperatur wächst, während die von amalgamirtem Zink und Zinkvitriol mit der Temperatur abnimmt. Jene Kraftzunahme bei der Erwärmung der Kochsalzlösung ist aber im Ganzen nur klein, während sich dagegen die Aenderung der beiden andern betrachteten Spannkkräfte er-

heblicher zeigt. Vergleicht man nämlich in den Columnen ϵ die elektromotorischen Zunahmen mit den vorhandenen Kräften, so ergibt sich für Kupfer im Kupfervitriol bei einer Temperaturerhöhung von 80° eine Kraftzunahme von ungefähr 8 Proc. und ebenso für Zink in Zinkvitriol eine Abnahme von 6 Proc.

Bei dieser nicht unbedeutenden Grösse der Aenderungen, welche selbst im Verhältniß zur gesammten Kraft nicht unerheblich sind, stand von vornherein zu erwarten, daß dieselben nicht bloß am Galvanometer, sondern auch am Elektrometer wahrnehmbar und meßbar seyn würden und es schien mir daher der Mühe werth am Schlusse meiner Beobachtungen auch noch am Letzteren einige Versuche auszuführen. Es bot sich mir hierzu insofern eine günstige Gelegenheit dar, als gerade im Laboratorium des Hrn. Professor Magnus Hr. M. Avenarius mit elektromotorischen Messungen beschäftigt war und auf meinen Vorschlag, im Verein mit mir einige Beobachtungen an seinem Kohlrausch-Dellmann'schen Elektrometer zu unternehmen, mit großer Freundlichkeit und Bereitwilligkeit einging. Die von uns darauf gemeinschaftlich angestellten Versuche will ich nur in der Kürze und soweit es zum Verständniß nöthig ist, mittheilen und auseinandersetzen. Unser erster Versuch bestand darin, daß wir nach der Kohlrausch'schen Bestimmungsart die elektrische Spannung des von mir construirten aus Kupfer- und Zinkvitriol zusammengesetzten Daniell'schen Elementes ermittelten. Dazu ließen wir einmal die Spannkraft der Condensatorplatten C und des Elementes D in gleichem und das andere Mal in entgegengesetztem Sinne auf die Elektrometernadel wirken. Es ergab sich dabei für $D + C$ als Mittel aus vier Beobachtungen eine Ablenkung von $41,50$ und ebenso als Mittel aus fünf Beobachtungen für $D - C$ eine Ablenkung von $21,5^\circ$. Nach besonders von M. Avenarius für sein Elektrometer berechneten Tabellen entsprechen diesen Ablenkungen die ablenkenden Kräfte:

$$D + C = 421 \text{ und } D - C = 209.$$

Mithin war

$$D = 315 \text{ und } C = 107.$$

Jetzt wurde die Kupfervitriollösung um etwa 60° erwärmt und sofort die Spannkraft des Elementes nochmals in derselben Weise bestimmt. Nunmehr ergaben sich für $D + C$ und $D - C$ als Mittelwerthe aus fünf Beobachtungen die Ablenkungen $42''$ und $23''$, für welche sich nach den Tabellen folgende Kräfte ergeben:

$$D + C = 428 \text{ und } D - C = 214.$$

Hieraus folgt:

$$D = 321 \text{ und } C = 106.$$

Die Kraft des Daniell'schen Elementes hatte sich demnach durch die Erwärmung des Kupfervitriols um $60''$ von 315 auf 321 gesteigert, d. h. um etwa 2 Proc.

Bei einem zweiten Versuche, den wir demnächst anstellten, um die Veränderung der Kraft durch die Erwärmung des Zinkvitriols kennen zu lernen, bestimmten wir nur die Summe der Spannkraft des Condensators und des Elementes. Es fand sich für $D + C$ bei vier Beobachtungen stets die Ablenkung von $43''$, welcher nach der Torsionstabelle die Kraft 441 entsprach. Nachdem hierauf die Zinkvitriollösung um ungefähr $70''$ erwärmt war, ergab sich als Mittel aus vier Beobachtungen eine Ablenkung von nur $41,6''$, welche einer Kraft gleichkam $= 423$, so daß mithin die Kraft des Elementes um 18 Einheiten verringert war.

Ein dritter Versuch wurde endlich in der Weise angestellt, daß wir in meinen Apparat beiderseits Zinkvitriol mit amalgamirten Zinkstreifen hineinthaten, so daß sich die beiden gleichen Spannkräfte einander aufhoben. Hierauf wurde die eine Berührungsstelle von Zink und Zinkvitriol um ungefähr $60''$ erwärmt und mithin das Gleichgewicht der beiden elektrischen Spannkräfte aufgehoben. Bezeichnen $\Delta\epsilon$ die Differenz der beiden Spannkräfte der Kette und C wieder die des Condensators, so ergab sich für $\Delta\epsilon + C$ als Mittel aus drei Beobachtungen eine Ablenkung von $8''$ und nach der Tabelle eine ablenkende Kraft von 84.

Nunmehr wurde diese Kraft mit der eines gewöhnlichen

Daniell'schen Elementes verglichen. Wir fanden zunächst für $D + C$ und $D - C$ die Ablenkung 53° und 45° oder die ablenkenden Kräfte $D + C = 597,1$ und $C - D = 468$.

Hieraus folgt $D = 532,5$ und $C = 64,5$ und da nun $\Delta \varepsilon + C = 81$ war, so ergibt sich:

$$\Delta \varepsilon = 9,95 \text{ oder } \Delta \varepsilon = 0,037 D.$$

Es betrug mithin die Ablenkung von $\text{Zn} / \text{ZnOSO}_3$ bei einer Erwärmung um 60° etwa 3,7 Proc. was nahezu mit der am Galvanometer gefundenen Verringerung jener Spannkraft übereinstimmt, wenigstens so genau, wie dies bei elektromotorischen Untersuchungen zu erwarten steht.

So weit meine Untersuchungen.

Es wird nun zum Schlusse nicht überflüssig seyn, wenn ich der Uebersichtlichkeit wegen, die aus ihnen hervorgehenden Ergebnisse in der Kürze nochmals wiederhole und sie so zusammenstelle, wie sie sich am natürlichsten aneinanderreihen.

1. Von den elektrischen Spannkraften sind einige von der Temperatur des Erregers abhängig und ändern mit ihnen oft mehr oft weniger ab. So zeigt z. B. Kupfer in Kupfervitriol, amalgamirtes Zink in Zinkvitriol und Chlorzink und nicht amalgamirtes Zink in Kochsalzlösung eine Aenderung der Kraft bei der Erwärmung, während dies bei amalgamirtem Zink in Schwefelsäure und in Kochsalzlösung mit den gewöhnlichen Messinstrumenten nicht sicher nachzuweisen ist.

2. Die Aenderung der Kraft geht nicht immer in demselben Sinne vor sich; während sie z. B. bei Kupfer in Kupfervitriol und amalgamirtem Zink in Zinkvitriol und Chlorzink mit der Erwärmung abnimmt, nimmt sie mit derselben bei nicht amalgamirtem Zink in Kochsalzlösung zu.

3. Die Aenderung ist nicht in allen Fällen zwischen den Temperaturen $+2^\circ$ und 85° der Temperaturveränderung proportional, wie das die Beobachtung am Zink in Zinkvitriol und Chlorzink deutlich zeigen.

4. In Uebereinstimmung mit No. 1 und No. 2 zeigt auch das Daniell'sche Element keine Constanz bei ver-

änderten Temperaturen sobald das Zink mit verdünnter Schwefelsäure oder Kochsalzlösung umgeben ist. *)

Bei Anwendung von Zinkvitriol heben sich jedoch die in Folge der Erwärmung auftretenden Aenderungen nahezu auf.

II. Ueber das lange Spectrum des elektrischen Lichtes; von G. G. Stokes.

(Philosoph. Transact. f. 1862, p. 599.)

Die in einem früheren Aufsatz ¹⁾ beschriebenen experimentellen Untersuchungen führten mich indirect zu dem Schluss, daß der elektrische Funke, mag er vom Conductor einer gemeinen Elektrisirmaschine oder von der Entladung einer Leydener Flasche erhalten worden seyn, Strahlen von sehr hoher Brechbarkeit, von viel größerer als alle von der Sonne zu uns gelangenden Strahlen, aussendet, und daß diese Strahlen frei durch Quarz hindurchgehen, während sie, wie die brechbarsten der Sonnenstrahlen, vom Glase absorbirt werden. Ich wurde dadurch veranlaßt, mir Prismen und eine Linse von Quarz anzuschaffen und sie zunächst auf die Untersuchung des Sonnenspectrums anzuwenden, wodurch sogleich das Daseyn einer unsichtbaren Region entdeckt wurde, die sich weit über das sichtbare Spectrum hinaus erstreckt und eine Fortsetzung der Fraunhofer'schen Linien zeigt ²⁾. Eine Karte von den neuen Linien wurde auf der Versammlung britischer Naturforscher zu Belfast im Herbst desselben Jahres in einer Abend-Vorlesung vorgezeigt, und ich sagte damals, ich glaubte, wir hätten damit den Beweis, daß die Gränze des

1) *On the change of refrangibility of light*, Phil. Transact. f. 1852 p. 468 (Diese Ann. Ergänzungsbd. IV, S. 177.)

2) *Ib.* p. 559 (Ann. Ebendasselbst S. 341.)

Sonnenspectrum: nach der brechbareren Seite hin erreicht worden sey. In der That, dieselbe Vorrichtung, die, mittelst Fluorescenz, das Daseyn von Strahlen einer offenbar höheren Brechbarkeit im Lichte des elektrischen Funkens nachwies, zeigte nichts der Art, wenn sie auf das Sonnenspectrum angewandt wurde. Das Einzige wenigstens, was noch durch directe Versuche zu beweisen übrig blieb, betraf die Reflexion der Strahlen von hoher Brechbarkeit durch den Metallspiegel des Heliostats, der zur Reflexion der Sonnenstrahlen in passender Richtung angewandt worden war, und dies geschah kurz hernach durch directe Versuche an Lichtstrahlen einer elektrischen Entladung, die durch prismatische Refraction gesondert worden.

Bei den Vorbereitungen zu einer im Februar 1853 in der *Royal Institution* zu haltenden Vorlesung über den Gegenstand, bei denen ich mich der gütigen Hülfe des Hrn. Faraday zu erfreuen hatte, kam ich natürlich auf das elektrische Licht zurück, wegen des darin gefundenen außerordentlichen Reichthums an Strahlen von hoher Brechbarkeit. Obgleich zur Genüge vorbereitet, darin Strahlen von viel höherer Brechbarkeit als im Sonnenspectrum gefunden anzutreffen, war ich doch sehr erstaunt, als ich eine kräftige Entladung einer Leydener Flasche der prismatischen Analyse mit dem Quarz-Apparat unterwarf, ein Spectrum zu finden, welches das sichtbare Spectrum nicht weniger als sechs bis acht Mal an Länge übertraf, und ich konnte anfangs nicht den Verdacht unterdrücken, dafs es ein Irrthum sey, entstanden aus der Reflexion von diffusen (*stray*) Licht. Ein ähnlich ausgedehntes Spectrum wurde mittelst des Volta'schen Bogens erhalten und war hell genug um es den Zuhörern zu zeigen. Der Bogen ging zwischen Kupfer-Elektroden über und das vom Quarzapparat gebildete reine Spectrum wurde mit einem zu dem Ende geschnittenen Uranglase aufgefangen. Das so gebildete Spectrum erwies sich ganz aus hellen Linien bestehend¹⁾, wogegen das Spectrum von der Entladung der Leydener Fla-

1) *Proceedings of the Royal Institution Vol. I, p. 264.*

sche (vielleicht weil es nicht genau im Brennpunkt war) continuirlich oder wenigstens nicht ganz discontinuirlich zu seyn schien.

Die Methode der Absorption des Lichts durch farbige Lösungen, wie sie durchs Prisma beobachtet wird, liefert in vielen Fällen schätzbare Charaktere gewisser Substanzen, welche, seltsam genug, trotz der leichten Beobachtung bis in sehr neuere Zeit gänzlich von den Chemikern vernachlässigt worden sind. Nachdem ich das oben erwähnte lange Spectrum erhalten hatte, mußte es mich natürlich interessiren, zu sehen, wie sich besonders reine, aber sonst unvollkommen bekannte organische Substanzen in Bezug auf die Absorption sehr brechbarer Strahlen verhalten würden. Allein die Schwierigkeiten, die mit dem gewöhnlichen Gebrauch einer Salpetersäure-Batterie von 30 bis 40 Zellen verknüpft sind, schreckten mich von dieser Untersuchung ab und ich beschloß mich auf das Sonnenspectrum zu beschränken.

Wegen einiger aus dem Anlaufen meines Heliostat-Spiegels entsprungenen Uebelstände, ließ ich kleine Quarzplatten theils versilbern, theils mit dem gewöhnlichen Zinnamalgam belegen. Als ich solche Platten in Bezug auf ihr Reflexionsvermögen für unsichtbare Strahlen in kleinem Maasstabe untersuchte, was mittelst Fluorescenz fast ebenso leicht gethan ist, als bei sichtbaren Strahlen¹⁾, gewahrte ich bei der versilberten Platte eine merkwürdige Abnahme des Reflexionsvermögens für die brechbarsten der Sonnenstrahlen, was, wie sich leicht fand, von einer Eigenthümlichkeit des Silbermetalls herrührte. Diefs Metall reflectirt bis etwa zu der festen Linie $S^2)$ die unsichtbaren Strahlen ebenso stark wie die sichtbaren, allein von dort an nimmt sein Reflexionsvermögen mit merkwür-

1) *Philosoph. Transact. f. 1852 p. 537.*

2) Gemäß der Bezeichnung in der Karte, die in den *Philosoph. Transact. f. 1859* Platte XLVII veröffentlicht ist. In dieser Karte hätte die Gruppe als drei Linien dargestellt werden sollen, von denen die mittlere (speciell S genannt) den Abstand zwischen der ersten und dritten nahe in dem Verhältniß 3 zu 2 halbirt. Die Räume zwischen den Linien müssen ein wenig schattirt seyn.

diger
des S
Subst
Gold
ten d
V
Vers
Mühe
bind
Leyd
das
tion
trum
gebil
Es v
Vol
mit
nien
Met
deut
für
wol
knü
tall
Wi
sich
stuc
über
nie
abe
erh
rig
vor
seh
ohn
Po

diger Schnelligkeit ab, und für die brechbareren Strahlen des Sonnenspectrums ist es eher mit dem einer glasigen Substanz als mit dem eines Metalls zu vergleichen. Stahl, Gold, Zinn usw. zeigten nichts der Art, sondern reflectirten die unsichtbaren Strahlen reichlich.

Vor etlichen Jahren, als Hr. Dr. Robinson mir einige Versuche mit dem Inductionsapparat zeigte, schien es der Mühe werth, zu untersuchen, ob der Funke, der bei Verbindung der Pole des Apparates mit dem Belegen einer Leydener Flasche erhalten wird, nicht stark genug sey, das lange Spectrum des elektrischen Lichts durch Projection zu erhalten. In der That zeigte sich das lange Spectrum als das durch ein Prisma und eine Linse von Quarz gebildete Spectrum auf ein Stück Uranglas projicirt wurde. Es war indess nicht so hell als das durch eine mächtige Volta'sche Batterie erzeugte, jedoch hell genug um damit zu arbeiten. Es war discontinuirlich, aus hellen Linien bestehend. Die Linien änderten sich je nach den Metallen, zwischen denen die Funken überschlugen, zum deutlichen Beweise, dafs sie von den Metallen herrührten.

Damit war ein weites Feld zur Untersuchung geöffnet für Jeden, der sich der sehr mäsigen Mühe unterziehen wollte, die mit dem Gebrauch des Inductionsapparats verknüpft ist. Es war nur übrig, die von verschiedenen Metallen und Gasen gelieferten Linien, sowie die absorbirende Wirkung verschiedener Substanzen in Bezug auf die unsichtbaren Strahlen von verschiedenen Brechbarkeiten zu studiren.

Von Zeit zu Zeit wurden verschiedene Beobachtungen über diesen Gegenstand angestellt. Was die Metall-Linien betrifft, so ist es sehr leicht sie sichtbar zu machen, aber ein Anderes ist es, getreue Abbildungen von ihnen zu erhalten. Selbst ein vollendeter Künstler würde Schwierigkeit darin finden, nach blofsem Anblick ein treues Bild von einem Gegenstand zu entwerfen, der im Dunklen gesehen werden mufs. Ich versuchte verschiedene Methoden ohne mich hinsichtlich der Genauigkeit der Zeichnungen

zu befriedigen und ich dachte oft zur Photographie zu greifen.

Mittlerweile beobachtete ich die Absorptionsweise sehr brechbarer Strahlen durch eine gute Anzahl von Substanzen. Für den, der eine Zelle mit parallelen Quarzflächen besitzt, ist nichts leichter als mittelst Fluorescenz die Absorptionsweise dieser Strahlen durch eine gegebene Lösung zu beobachten; allein sichere Schlüsse zu ziehen hinsichtlich des optischen Charakters der in der Lösung vermeinten Substanz ist nicht so leicht als es scheinen möchte; denn die Strahlen von hoher Brechbarkeit sind fähig von einer außerordentlich kleinen Menge einer Unreinigkeit absorbirt zu werden, deren Gegenwart der Beobachter nicht ahnt. So fand ich, daß etwa ein Viertel-Quadratzoll von reinem Filtrirpapier das in einer kleinen Zelle enthaltene Wasser hinreichend verunreinigte, um dessen Durchsichtigkeit merklich zu trüben. Wäre die Lösung durchsichtig, so entspränge daraus keine Schwierigkeit, denn der Effect einer Unreinigkeit bestände nicht darin, eine sonst opake Flüssigkeit durchsichtig zu machen. Absorbirte sie andererseits die unsichtbaren Strahlen oder einige derselben mit großer Kraft oder in einer besonderen Weise, so schlossen wir wiederum vielleicht, daß wir den wahren Charakter der zu beobachtenden Substanz erhalten hätten. Die merkwürdigsten Beispiele dieser Art, welche ich unter unorganischen farblosen Lösungen antraf, waren Salpetersäure und deren Salze, z. B. die von Kali, Natron, Ammoniak und Baryt, welche die Strahlen von hoher Brechbarkeit mit großer Energie und in eigenthümlicher Weise absorbiren, indem auf ein Maximum von Opacität ein Maximum von Transparenz folgt, jenseits dessen die Absorption noch energischer wird, als zuvor. Fände sich aber, daß die Lösung die Strahlen von hoher Brechbarkeit mit nur mäßiger Energie absorbirte, so würde es zweifelhaft bleiben, ob nicht die beobachtete Absorption von einer Unreinheit herrührte. Und ich sehe nicht, daß dieser Zweifel anders gelöst wer-

den könnte als durch ein mühsames System von UmkrySTALLISIRUNGEN.

Nachdem ich diese Resultate erhalten, erfuhr ich durch eine Unterredung mit meinem Freunde, dem Dr. Miller, daß er bei photographischen Arbeiten ebenfalls mit diesem Gegenstand beschäftigt gewesen sey, daß er eine Anzahl Photographien von Metall-Spectren dargestellt, und auf dieselbe Weise die Absorption sehr brechbarer Strahlen durch eine große Mannigfaltigkeit von Substanzen, hauptsächlich unorganischen Säuren, Basen und Salzen, auch von gewöhnlicheren organischen Stoffen, studirt habe. Obgleich somit ein großer Theil der Aufgabe, die ich mir gestellt hatte, in anderer Weise gelöst worden, so gab es doch unter den mir vorgekommenen Erscheinungen manche, die nicht durch Photographien erlangt werden können, und ich habe es daher für gut gehalten, sie in einem Aufsatz zusammenzufassen, der somit als Ergänzung von dem des Dr. Miller dienen kann.

Bereitung eines Schirms mittelst eines Uransalzes.

Wenige Substanzen fluoresciren kräftiger als verschiedene Salze des Uransesquioxides. Ein wenigstens auf zwei gegeneinander rechtwinklichen Flächen polirtes Stück Uranglas ist, wegen seiner kräftigen und anhaltenden Fluorescenz, ungemein als Schirm zur Aufnahme eines Spectrums geeignet. Dessenungeachtet ist ein solcher Schirm, welcher, um den stärksten Effect zu geben, in besonderen Richtungen betrachtet werden muß, in vielen Fällen weniger bequem als einer, der wie eine Wasserfarbe aus einem stark fluorescirenden Pulver bereitet worden ist, da derselbe in jeglicher Richtung betrachtet werden kann. Besonders ist dies der Fall beim Messen nach einer Methode, die ich gegenwärtig beschreiben will. Außerdem finde ich ein vortreffliches Stück eines solchen Glases mangelhaft in fluorescirender Kraft rücksichtlich der äußersten Linien des Aluminiums; einige Stücke sind, wahrscheinlich wegen Unreinigkeiten, noch viel mangelhafter. Daher habe ich es längst

als ein Desideratum betrachtet, durch Fällung ein unlösliches oder sehr schwerlösliches Uransesquioxid-Salz zu erhalten, welches so fluorescirend, wie die besten Salze dieser Base wäre und wie eine Wasserfarbe behandelt werden könnte. Es ist mir nun gelungen, ein solches Salz darzustellen, obwohl nicht durch directe Fällung.

Das gewöhnliche, durch Fällung erhaltene Phosphat, das außer dem Hydratwasser, die Zusammensetzung $\text{PO}_5 (\text{U}_2\text{O}_5)_2 \text{HO}$ hat, fluorescirt nur schwach. Wenn man indeß dieses Salz, mit so viel Wasser als es beim Waschen durch Decantation behält, in ein Schälchen thut, etwas freie Phosphor- oder Schwefelsäure, und darauf Krystalle von phosphorsaurem Natron, phosphorsaurem Ammoniak, mikrokosmischem Salz oder Borax in Ueberschuß hinzufügt, so wird das ursprüngliche Salz allmählich in eins verwandelt, welches kräftig fluorescirt. Am schnellsten scheint diese Veränderung mit Borax einzutreten; allein da ein Ueberschuß dieses Salzes im Stande ist, das anfangs gebildete fluorescirende Salz zu zersetzen, so ist es besser, das Phosphat anzuwenden. Die Säuremenge muß hinreichen eine entschieden saure Reaction hervorzubringen, wenn die Flüssigkeit mit dem alkalischen Phosphat vollständig gesättigt ist. Man verfolgt die Veränderung, indem man von Zeit zu Zeit die Fluorescenz des Salzes im Tageslicht mit Hilfe absorbirender Media untersucht. Sie ist spätestens in ein Paar Tagen vollendet, wo das Salz zur Aufbewahrung fertig ist.

Dies erfordert Vorsicht, da das Salz rasch durch verdünnte Säuren zersetzt wird (natürlich auch durch seine eigene Mutterlauge, wenn sie verdünnt ist) und selbst, obwohl langsamer, durch reines Wasser, anscheinend unter Bildung des ursprünglichen Phosphats. Es wird auch zersetzt, wenigstens nach einiger Zeit, durch alkalische Carbonate unter Bildung eines schön gelben, nicht fluorescirenden Salzes, welches dem durch alkalische Carbonate in Uransesquioxid-Salzen hervorgebrachten Niederschlag ähnelt. Man sammelt dieses Salz, indem man auf einmal statt

des Wassers eine gesättigte Lösung von Borax wenigstens in solcher Menge hinzufügt, daß dadurch die saure Reaction zerstört wird. Dann wird dieses Salz von allen ungelösten Krystallen des angewandten alkalischen Phosphats abgeschwemmt und auf einem Filtrum gesammelt. Ein gepresster Kuchen von diesem Salze oder ein poröser Ziegel auf welchem, nach Befeuchtung mit einer Boraxlösung, das Salz ausgebreitet worden, bildet einen bewundernswürdigen Schirm, den ich späterhin hauptsächlich angewandt habe. Er zeigt natürlich sowohl die sichtbaren, als die unsichtbaren Strahlen, erstere durch gewöhnliche Ausbreitung, letztere durch Fluorescenz.

Vermöge seiner Bildung ist das Salz wahrscheinlich (abgesehen vom Hydratwasser) das ursprüngliche Phosphat, worin ein Aequivalent des Bestandtheilswasser durch ein Aequivalent eines Alkalis ersetzt ist, was es dem stark fluorescirenden natürlichen gelben Uranit analog machen würde. Jedenfalls leitet uns diese Hypothese zu einer wirksamen Bereitung desselben, da deren Bedingung nicht leicht durch Beobachtung allein ermittelt seyn würde. Ohne den Gebrauch von freier Säure wird die Fluorescenz nicht vollständig entwickelt; dies erklärt sich durch die Unlöslichkeit des ursprünglichen Phosphats und des fluorescirenden Salzes, welche der vollständigen Verwandlung des einen in das andere ein Hinderniß entgegengesetzt.

Metall-Linien.

Diese sind, wie schon erwähnt, wahrzunehmen, wenn man den Funken eines Inductoriums zwischen zwei aus dem zu untersuchenden Metall gebildeten Elektroden überschlagen läßt (unter respectiver Verbindung derselben mit den Belegen einer Leydener Flasche von passlicher Größe), mittelst eines Quarzprismas, dessen Seiten gegen die Axe des Krystalls gleiche Neigung haben, und einer Quarzlinse, die winkelrecht gegen die Axe geschnitten ist, ein reines Spectrum bildet und dieses mit einem geeigneten Schirm auffängt, wobei, wenn dazu eine fluorescirende Flüssigkeit an-

gewandt wird, dieselbe in einem Gefäfs mit Quarzwänden enthalten seyn mufs, in Ermanglung dessen auch ein Stück Fließpapier mit der Flüssigkeit gesättigt werden kann.

Ausgenommen das sichtbare Spectrum und das Vorderste des unsichtbaren, variiren die so gesehenen Linien von Metall zu Metall und sie sind daher dem Metall und nicht der Luft zuzuschreiben. Sie unterscheiden sich auch dadurch von den Luft-Linien, dafs sie nur in einem fast unmerklichen Abstände von den Spitzen der Elektroden erscheinen, wogegen die Luft-Linien sich über den ganzen Zwischenraum ausbreiten. Das Spectrum ist zu ausgedehnt, als dafs man es auf einmal ganz übersehen könnte, wenn das Prisma sich in der Lage der Minimum-Ablenkung befindet; und wenn dasselbe den Elektroden sehr nahe ist, ohne welche Nähe man verhältnismäfsig wenig Licht hätte, ist der Effect der verschiedenen, von der Linse in Convergenz übergeführten Divergenz der Strahlen in der primären und secundären Ebene sehr grofs. Um ein reines Spectrum zu erhalten, mufs der Schirm rücksichtlich der primären Ebene im Brennpunkt seyn; und wenn ein besonderer Punkt *P* des Spectrums im Minimum der Ablenkung ist, sind die Linien dicht um *P* fast zu Punkten reducirt, welche für Licht von dieser Brechbarkeit die Bilder der Elektroden-Spitzen sind oder, genauer gesprochen, des Theils des gerade ausseits der Spitzen befindlichen Funkens. Allein in der secundären Ebene haben die Strahlen an der einen Seite von *P* ihren Brennpunkt noch nicht erreicht, und an der anderen Seite haben sie ihn überschritten; so dafs das Bild eines Punkts eine Linie ist, die primäre Brennlinie, deren Länge bei Entfernung von *P* in jeder Richtung wächst; und deshalb wird das spectrale Bild von jeder Spitze, angenommen sie sey ein blofser Punkt, ein Paar spitzer (*slender*), vertical gegenüber stehender Dreiecke seyn, die ihren gemeinschaftlichen Scheitel in *P* haben und deren Längen in der Ebene der Brechung liegen. Das unsichtbare Spectrum besteht in der That aus zwei Paaren solcher Dreiecke, entsprechend respective den beiden Spitzen,

wie leicht zu sehen, wenn die Elektroden nicht zu nahe sind. In einem Abstände von P , bei welchem die Länge der primären Focallinie gleich wird der des Funkenbildes, treffen die beiden Linien, welche, für Strahlen von einer diesem Abstände entsprechenden Brechbarkeit, die Bilder der Elektroden spitzen sind, in der Mitte des Spectrums zusammen, und jenseits dieses Abstandes übergreifen sie einander, so daß eine Linie quer durch das Spectrum zu laufen scheint, obgleich sie zu Strahlen gehört, welche nur von der unmittelbaren Nachbarschaft der Elektroden spitzen ausgehen, wie man sieht, wenn man das Prisma dreht bis jener Theil das Spectrum im Ablenkungs-Minimum ist, und aufs Neue in den Brennpunkt einstellt.

Außer den hellen, offenbar von den Metallen herrührenden Linien, welche erwähnt wurden, nimmt man ein schwächeres Licht gewahr, das für die genaue Beobachtung zu schwach ist. Ein Theil von diesem gehört wahrscheinlich der Luft an.

Der Haupttheil des sichtbaren durch Projection zu sehenden Spectrums scheint offenbar der Luft anzugehören; denn die Linien erstrecken sich quer durch den Zwischenraum der Elektroden, während die den Metallen angehörigen Linien, selbst in dem sichtbaren Spectrum, sich nur auf eine kurze Strecke ausdehnen; die ersteren kommen auch bei Vertauschung der Elektroden zum Vorschein. Bei einigen Metallen erscheinen indess im sichtbaren Spectrum Metall-Linien, die an Stärke vergleichbar sind den unsichtbaren Linien von hoher Brechbarkeit; allein im Allgemeinen ist merkwürdigerweise das sichtbare Spectrum und selbst das unsichtbare auf einer guten Strecke jenseits arm an starken charakteristischen Metall-Linien, verglichen mit dem Spectrum-Theil von noch höherer Brechbarkeit.

Ich habe neuerlich zur Festsetzung von Stellen im unsichtbaren Spectrum eine Methode angewandt, die ungemein einfach und bequem ist und Resultate liefert, die gut mit einander übereinstimmen. Sie könnte angewandt werden um Karten von den Metall-Linien zu entwerfen; allein

dies ist unnöthig, da es bereits vom Dr. Miller geschehen ist. Sie ist jedoch auch nützlich zur Feststellung der Lagen von Absorptionsstreifen und giebt sie bequemer und genauer als durch Schätzung in Bezug auf bekannte Metall-Linien.

Die Methode ist folgende. Auf einen Klotz von zweckmäßiger Höhe, der auf einem langen Reifsbrett festgeschraubt ist, stellt man das Quarzprisma und befestigt es nach Belieben durch eine von oben auf dasselbe drückende Schraube. Die Linse wird befestigt in einem geschwärzten Brett, das auf der hohen Kante nahe am Prisma festgeschraubt ist, so daß sie die Strahlen aller Brechbarkeit nach der Brechung durch das Prisma aufnehmen kann. Die angewandte Linse hatte eine Brennweite von 12 Zoll und einen Durchmesser von $1\frac{1}{4}$ Zoll. Nachdem das Prisma in zweckmäßigen Abstand (ich nahm 30 Zoll) von dem Funken gebracht worden, wurde das Reifsbrett so gedreht, daß, wenn man das Prisma für die Mitte des langen Spectrums in die Lage des Ablenkungs-Minimum eingestellt hatte, die diesem Theil angehörigen Strahlen ganz oder nahe winkelrecht auf die Linse fielen, die man zuvor so gestellt hatte, daß dies eine zweckmäßige Lage in Bezug auf das Reifsbrett war. Das Prisma wurde dann durch seine Schraube befestigt, und um den Einfallswinkel zu bezeichnen, wurde ein Stift am Rande des Schattens von einem der Klötze angebracht. Da die Strahlen mit zunehmender Brechbarkeit durch die Linse stärker gebrochen werden, so bildeten die Orte der Brennpunkte der verschiedenen Strahlen eine Curve oder beinahe eine gerade Linie, welche gegen die Axen der durch die Linse gehenden Bündel sehr schief lag. Nachdem die Projection dieser Linie auf das Reifsbrett markirt worden, wurde eine sie unter rechtem Winkel halbirende Linie gezogen, und auf letzterer in einem Punkt der $11\frac{2}{3}$ Zoll von ersterer abstand ¹⁾, das Brett durchbohrt für Aufnahme eines Zapfens, um welchen sich zwei Holzlineale drehten, die unter jedem zweckmäßigen

1) Ein größerer Abstand wäre besser gewesen.

Winkel zusammengeklemt werden konnten. Das kürzere Lineal trug eine lothrechte Nadel, die, sowie dasselbe gedreht wurde, vor dem Brennpunkt der verschiedenen Strahlen vorüberging in einem Abstand von etwa einem Viertelzoll. Das längere Lineal trug eine Pfrieme, bestimmt um auf einem temporär auf dem Reifsbrett befestigten Stück Papier die Lage irgend eines beobachteten Gegenstandes anzugeben. So behielten Prisma, Linse, Bewegungsaxe der Nadel und der Pfrieme, so wie der Stift zur Fixirung des Einfallswinkels eine unveränderliche relative Lage, wenn das Reifsbrett bewegt wurde. Bei dem Beobachten stellte man die Elektroden in den geeigneten Abstand und drehte das Reifsbrett bis der Rand des Schattens auf den Stift fiel. Die Lineale wurden dann zusammen gedreht bis eine helle Linie oder ein anderer Gegenstand durch die Nadel verdunkelt ward, und dann wurde ihr Ort durch Herabstechen bezeichnet. Um einen festen Vergleichspunkt zu haben bezeichnete ich auf solche Weise die Lage des äußersten sichtbaren Roths auf einem Schirm, z. B. einem Stück Papier: wenn aber eine große Genauigkeit erfordert wäre, würde es besser seyn, eine wohl markirte grüne Luft-Linie anzuwenden.

Die Metalle, deren Spectra ich bisjetzt beobachtet habe, sind Platin, Palladium, Gold, Silber, Quecksilber, Antimon, Wismuth, Kupfer, Blei, Zinn, Nickel, Kobalt, Eisen, Cadmium, Zink, Aluminium und Magnesium. Einige derselben zeigen unsichtbare Linien von außerordentlicher Stärke. Besonders gilt dieß vom Zink, Cadmium, Magnesium, Aluminium und Blei, welches letztere, in einem sonst nicht merkwürdigen Spectrum, eine Linie enthält, die vielleicht die aller übrigen Metalle übertrifft. Andere Metalle zeigen in gewissen Theilen des Spectrums Linien, die sowohl hell als zahlreich sind, so daß, bei roher Ansicht des Ganzen, gewisse Theile des Spectrums hell und leidlich continuirlich, andere dagegen vergleichungsmäßig schwach sind. Diese Gruppierung der Linien ist besonders merkwürdig beim Kupfer, Nickel, Kobalt, Eisen und Zinn. Von den erwähnten Metallen giebt das Magnesium bei weitem das

kürzeste Spectrum; es endigt in einer sehr hellen Linie, jenseits welcher jedoch ein ungemein schwaches Licht wahrgenommen werden kann bis zu einem Abstand eben so groß, wie die Ausdehnung der längeren Spectra. Das Aluminium andererseits steht in Reichthum an Strahlen von sehr hoher Brechbarkeit an der Spitze der obigen Metalle; und es ist dieser Theil des Spectrums, zu welchen die oben erwähnten starken Linien gehören. Indem ich diese Linien starke nenne, ist dabei selbstverständlich einige Rücksicht auf ihre sehr hohe Brechbarkeit genommen. Denn wenn sie wie oben beschrieben beobachtet werden, erscheinen sie nicht absolut ganz so stark als die groben (*bold*) Linien des Zinks oder Kadmiums. Diefs rührt zum Theil von der mangelhaften Durchsichtigkeit des Quarzes her, welche sich für diesen Theil des Spectrums keineswegs vollkommen erweist. Und in der That kann die höchste Aluminium-Linie, welche eine Doppellinie ist, nur gesehen werden durch Strahlen, welche nahe am Rande durch das Prisma gehen.

Die Fig. 1 Taf. II zeigt die Hauptlinien des Aluminiums in Vergleich zu denen des Zinks und Kadmiums. Bei der ersten der abgebildeten Aluminium-Linien konnte ich die den Spitzen der Elektroden entsprechende Zerfällung, in zwei Theile nicht ermitteln. *R* bezeichnet das äußerst sichtbare Roth auf einem Schirm. Die Linien in dem sichtbaren Spectrum sind fortgelassen, da diese schon von Andern ausführlich untersucht worden sind. Die horizontalen Abstände sind proportional den Abständen der verschiedenen Stiche von dem, dem äußersten Roth angehörigen, und sie variiren daher wie die Sehnen der von dem Stecher beschriebenen Bögen. Diefs trägt dazu bei, die übertriebene Gröfse, welche das brechbarere Ende des Spectrums durch die angewandte Art des Feststellens der Lage der Linien erfuhr, bis zu einem gewissen Grade zu mäßigen. Die unterste Reihe von Linien in der Figur, welche des Vergleiches halber hinzugefügt wurde, wird weiterhin besprochen werden.

Außer der schon erwähnten Linse, wandte ich zuweilen in anderer Weise eine andere von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und $2\frac{1}{2}$ Zoll Brennweite an, also eine große für ihre Brennweite. Diese gebrauchte ich zur Herstellung eines Bildes von dem Funken, welches von der zu untersuchenden oder zur Untersuchung des Funkens dienenden Substanz aufgenommen wurde. Der Unterschied der Brennweite ist bei den verschiedenen Strahlen so ungeheuer, daß wenn ein Theil des Spectrums im Brennpunkte ist, andere Theile ganz außerhalb desselben liegen, und so kann man einigermaßen die Brechbarkeit der Strahlen beurtheilen, durch welche irgend ein besonderer Effect hervorgebracht wird. Auf diese Weise kann man die Strahlen so concentriren, daß sich Effecte studiren lassen, die keine Untersuchung durch prismatische Analyse vertragen würden. Ich werde diese Linse, wegen ihrer Brennweite, die 2,5zöllige Linse nennen.

Absorption der unsichtbaren Strahlen durch Alkaloide, Glucoside usw.

Ehe man diese Substanzen untersucht, hat man sie aufzulösen und dabei zunächst auf die Durchsichtigkeit des Lösemittels zu sehen. Glücklicherweise ist das nützlichste aller Lösemittel, das Wasser, im Zustande der Reinheit durchsichtig; und, was Reagentien betrifft, so kann man Schwefel- oder Chlorwasserstoffsäure als Säuren anwenden, da sie durchsichtig sind, und Ammoniak als Alkali. Wenn ich eine Substanz durchsichtig nenne, so meine ich damit nur, daß ihre Durchsichtigkeit vergleichbar sey mit der des Quarzes. Was das Ammoniak betrifft, so absorhirt es zwar, in Menge angewandt, die brechbareren Strahlen (wenn nicht die beobachtete Absorption von einer Unreinigkeit herrührte), aber in der kleinen Menge, in der allein man es anzuwenden braucht, kann es für durchsichtig gehalten werden. Selbst Alkohol, welcher in dem Zustande, in dem er zu haben ist, eine mangelhafte Durchsichtigkeit besitzt, ist hinreichend durchsichtig, um für die in Rede ste-

henden Substanzen als Lösemittel angewandt zu werden, sobald man denselben nur in geringer Dicke nimmt.

Die von mir untersuchten Alkaloïde und Glucoside sind fast ohne Ausnahme intensiv opak, wenigstens für eine Portion der unsichtbaren Strahlen, welche sie mit einer Energie absorbiren, die meistentheils derjenigen vergleichbar ist, mit welcher Farbstoffe, wie Alizarin usw., die sichtbaren Strahlen absorbiren. Die Absorptionsweise ist auch häufig, ich möchte sagen gemeiniglich, höchst charakteristisch, so daß sie durch diese einzige Eigenschaft von einander unterschieden werden könnten. Ueberdies ändert sich häufig die Absorptionsweise entschieden, je nachdem die Lösung sauer oder alkalisch ist, was ebenfalls zu deren Unterscheidung dient.

Bei der Untersuchung gebrauchte ich gewöhnlich eine kleine Zelle mit Quarzwänden, zuweilen auch ein keilförmiges Gefäß, dessen gegeneinander geneigten Wände ebenfalls von Quarz waren. Nachdem die Zelle mit dem Lösemittel gefüllt worden, wurde eine kleine Menge der Substanz hineingeschüttet, und, unter bisweiligem Umrühren der Flüssigkeit, der Fortgang der Absorption während der allmählichen Lösung der Substanz verfolgt. Auf diese Weise ist es leicht, die charakteristische Phase der Absorption festzuhalten und durch den Stecher zu registriren. Wenn Minima der Opacität eintreten, so ist es am besten diejenige Stufe der Absorption festzuhalten, bei welcher sie wohl entwickelt sind. Wenn keine Minima eintreten, wird ein größerer oder geringerer Theil der brechbareren Region rasch absorbirt, und darauf nimmt die Absorption nach der weniger brechbaren Seite langsam ab. Ist sie einmal mäßig stationär geworden, so mag man die Gränze der durchgelassenen Strahlen markiren. Es scheint wünschenswerth, nicht über diesen Punkt in der Absorption hinaus zu gehen, damit nicht eine mögliche Unreinigkeit in der Substanz, welche, wenn sie das Ganze dieser Substanz gebildet hätte, die Strahlen von niederer Brechbarkeit absorbirt haben würde, sich bemerklich zu machen anfinge, und

man d
den S
Alk
hinder
Substa
trum,
die B
Absor
und v
zende
darbie
eine
Seiten
meine
sen S
würde
Durch
len d
deren
chen
man
F
Spec
in w
tion
mein
Sub
(od
Das
obw
zien
ten
Cor
bar
ist
ten

man deren Absorption verwechselte mit der der untersuchten Substanz.

Alle metallischen Spectra sind discontinuirlich, was verhindert, die Absorptionsweise einer starren oder flüssigen Substanz ganz so gut zu beobachten, wie im Sonnenspectrum, abgesehen von dessen größerer Intensität; es stört sehr die Beobachtung schmaler Streifen, wie sie sich durch die Absorption gewisser Gase im sichtbaren Spectrum zeigen und von welchen das Chlorigsäure-Gas (ClO_4) ein glänzendes System im unsichtbaren Theil des Sonnenspectrums darbietet. Fände in einem Theil des Spectrums, wo zuvor eine helle Liniengruppe mit schwächerem Licht an beiden Seiten bis zu gewissem Abstände sichtbar war, eine allgemeine Absorption statt, so ist klar, daß auf einer gewissen Stufe der Absorption die helle Gruppe isolirt gelassen würde, und man dann den Effect mit einem Maximum von Durchsichtigkeit verwechseln könnte. In zweifelhaften Fällen dieser Art ist es nöthig die Elektroden von einem anderen Metall zu nehmen und dessen Spectrum zu gebrauchen, doch ist practisch die Schwierigkeit nicht so groß, als man glauben könnte.

Es ist wünschenswerth ein Metall zu wählen, dessen Spectrum hell und mäßig continuirlich ist in der Region, in welcher die unterscheidenden Charaktere der Absorption am wahrscheinlichsten auftreten werden. Im Allgemeinen ziehe ich zur Untersuchung der hier betrachteten Substanzen das Zinn vor, und zwar als breite Elektroden (oder wenigstens einer breiten) aus folgenden Gründen. Das Zinn nämlich ist in der brechbarsten Region schwach, obwohl es nach einer langen Strecke von Schwäche eine ziemlich starke Linie zeigt, zwischen der zweiten und dritten starken Aluminiumlinie. Bei combinirter Stärke und Continuität eignet sich das Kupfer gut für die sehr brechbare Region, in welcher das Zinn schwach ist. Dagegen ist das Quecksilber, welches in der Form von amalgamirtem Zink angewandt werden kann, das reichste Metall für

die unsichtbare Region eben jenseits des sichtbaren Spectrums; doch habe ich fast ausschließlich Zinn angewandt.

Die Fig. 2 Taf. II giebt die in den Lösungen verschiedener Alkaloide und Glucoside beobachteten Absorptionsstreifen.

Es bezeichnet darin:

<i>a</i>	die Hauptlinien des Zinks	
<i>b</i>	die Streifen im Strychnin	
<i>c</i>	" " " Brucin	} gelöst in verdünnter Schwefelsäure
<i>d</i>	" " " Morphin	
<i>e</i>	" " " Codein	
<i>f</i>	" " " Narcotin	
<i>g</i>	" " " Narcein	
<i>h</i>	" " " Papaverin	
<i>i</i>	" " " Caffein	} in verdünntem Ammoniak
<i>k</i>	" " " Corydalin	
<i>l</i>	" " " Piperin, in Alkohol	
<i>m</i>	" " " Aesculin	
<i>n</i>	" " " Phlorizin	
<i>o</i>	" " " Phlorizin, in verd. Schwefelsäure	
<i>p</i>	" " " Salicin, in Wasser	
<i>q</i>	" " " Arbutin, in Wasser	

Die starken (*bold*) Zinklinien sind als Anhaltspunkte gegeben; allein die Beobachtungen wurden mit Zinn-Elektroden gemacht. Der Rand an der Linken ist die Gränze des sichtbaren rothen Lichts auf einem Schirm.

Obgleich der centrale Theil der Durchsichtigkeits-Maxima in dieser Figur gemeiniglich weifs gelassen worden ist, um Irrthümer zu vermeiden, so darf der Leser doch nicht voraussetzen, dafs dieser Theil des Spectrums keine Absorption erleide. Im Gegentheil ist er, wenn die Lösung die Concentration hat, welcher der Figur entspricht, mehr oder weniger geschwächt, und er verschwindet ganz, wenn die Menge der Substanz in der Lösung vergrößert wird, während sich zugleich der Rand des ersten Absorptionsstreifen *etwas* nach dem Roth hin schiebt und die Absorption gewöhnlich an diesem Rande ziemlich scharf ist.

Die Messungen wurden genommen an den Punkten, wo das Licht aufhörte merklich zu seyn und in der Figur repräsentirt sind durch die Gränze des gleichförmigen Schwarz und schattirten Weißes. Die Schattirung repräsentirt nur den allgemeinen Effect; da die Abstufung der Helligkeit nicht aufgezeichnet worden ist. Sie dehnt sich in der Figur im Allgemeinen zu sehr gegen die Linke des Randes des ersten schwarzen Streifen aus, und repräsentirt demgemäfs die Absorption an jener Gränze nicht hinlänglich bestimmt.

Ein Blick auf die Figur zeigt, wie verschiedenartig die Strahlen von hoher Brechbarkeit durch die untersuchten Substanzen absorbirt werden. In der That würde dieses eine Kennzeichen zur Unterscheidung jeder dieser Substanzen von den andern dienlich seyn, nur nicht Morphin von Codein und Caffein von Salicin. Die punktirte Linie in der Figur fürs Aesculin bezeichnet den Anfang der Fluorescenz, welche bei der Linie *G* des Sonnenspectrums liegt. Eine Brucinlösung schneidet das unsichtbare Ende des Sonnenspectrums ungefähr mitten zwischen den Linien *S* und *T* ab, und demgemäfs nicht weit von dem Ende derjenigen Region, die, um gesehen zu werden, ein Prisma und eine Linse von Quarz erfordert. Wenn demgemäfs diese Substanzen im Sonnenlicht untersucht werden, sind ihre unterscheidenden Kennzeichen fast ganz unwahrnehmbar, indem die Lösungen einiger ganz durchsichtig erscheinen und die von andern nur die äußersten Strahlen bis zu gröfserem oder geringerem Abstände fortnehmen. Nur beim Aesculin liegt das Maximum der Opacität innerhalb des Sonnenspectrum; allein selbst in diesem Fall erhalten wir nur eine schwache Idee von der grofsen Zunahme der Durchsichtigkeit aufserhalb desselben.

Die in der Figur abgebildete Wirkung der Säuren und Alkalien auf die Glucoside ist eine gleichförmige. Wenn eine zuvor neutrale Lösung alkalisch gemacht wird, beginnt die Absorption etwas früher, wenn sie sauer gemacht wird, etwas später. Beim Salicin ist nur eine Andeutung von

dieser Veränderung, die innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler fällt; allein in anderen Fällen ist sie ganz wahrnehmbar, und beim Phlorizin ist die durch eine Säure bewirkte Verschiebung des Absorptionsstreifen sehr groß. Das Frasin (oder Pavin) stimmt in allen seinen optischen Eigenschaften merkwürdig mit dem Aesculin. Nur liegt das Absorptionsmaximum dem Roth etwas näher und die Farbe des fluorescirenden Lichts entspricht einer etwas geringeren mittleren Brechbarkeit.

Das Chinin zeigt kein entschiedenes Durchsichtigkeitsmaximum. Bei dieser und, mit einer Ausnahme, bei allen übrigen beobachteten Basen, wird die Absorption, wenn überhaupt verändert, in umgekehrter Weise wie bei den Glucosiden verändert, sobald man die Base durch Ammoniak in Freiheit setzt.

Absorptionsstreifen kommen auch bei neutralen Substanzen vor, z. B. beim Cumarin und Paraphthalin; welches letztere ein System solcher Streifen in dem unsichtbaren Theil des Sonnenspectrums zeigt.

Aconitin, Atropin und Solanin zeigen keine Absorptionsstreifen, sondern nur eine allgemeine Opacität für die brechbareren Strahlen. Freilich ist das letztere, gelöst in verdünnter Schwefelsäure, merkwürdig transparent für diese Klasse von Körpern, während die Lösung, wenn die Base in Freiheit gesetzt ist, entgegen dem Verhalten bei anderen Basen, viel opaker wird, allein die Absorption ist unbestimmt. Ich bin indess ungewiss hinsichtlich der Reinheit des angewandten Stoffes, obwohl er weiß und regelmäßig krystallisirt war. Es wäre ein Leichtes, mehrere solcher Stoffe zu untersuchen, allein das Vorhergehende reicht hin, den Werth des Studium der Absorption sehr brechbarer Strahlen darzuthun, indem es unterscheidende Kennzeichen wenig bekannter Substanzen liefert.

(Schluß in einem der nächsten Hefte).

III. Ueber das Magnetisiren der Stahlstäbe; von M. L. Frankenheim.

Bei den Mitteln, die man anwendet um einen Stahlstab vermittels eines Magnets zu magnetisiren, hat man vornehmlich zwei Punkte berücksichtigt: dafs ein jeder Punkt des Stabes der zersetzenden Wirkung beider Pole ausgesetzt werde, und dafs der dadurch erregte Magnetismus nicht wieder verloren gehe, wenn der magnetisirende Stab entfernt wird. Ein dritter, ebenfalls zu beachtender Punkt ist die Zeit. Man nimmt nun zwar fast allgemein an, dafs der Magnetismus um so kräftiger sey, je länger der Stab der Wirkung des Magnets ausgesetzt war; aber über das Verhältnifs der Wirkung zur Dauer der Erregung fehlt es bisher an jeder Beobachtung.

Um diese Frage zu beantworten haben die HH. Herrmann und Scholtz auf meine Veranlassung gemeinschaftlich eine Reihe von Beobachtungen gemacht und die Resultate in zwei Abhandlungen veröffentlicht:

De naturali magnetismo in chalybem inducendo quanto momento sit tempus, auctor Rich. Herrmann. August 1863.

Quanti sit momenti tempus in magnetismo inducendo, certa quadam fluidi galvanici intensitate adhibita, auctor Rob. Scholz. December 1863.

Die folgende Abhandlung beruht zum grofsen Theil auf diesen Untersuchungen. Indessen sind darin viele, theils von andern in meinem Laboratorium arbeitenden jungen Männern, theils von mir selbst gemachte Beobachtungen mit verarbeitet.

Das Verfahren.

Die magnetischen Untersuchungen an Stahlstäben werden durch die Unmöglichkeit, eine Beobachtung mit demselben Stabe zu wiederholen, sehr erschwert. In einem Eisenstabe, der aus der galvanischen Spirale genommen ist,

stellt sich der frühere Zustand in kurzer Zeit fast vollkommen wieder her. Ein Stahlstab wird dadurch auf die Dauer verändert. Wenn ihn durch eine vorsichtige Behandlung mit dem Anker und mit schwachen Magneten die Wirkung nach Aufsen auch fast vollständig genommen ist, so bleibt seine Fähigkeit Magnetismus anzunehmen dennoch von der anfänglichen sehr verschieden. Und wird er durch Erhitzung von allem Magnetismus befreit, so reicht der geringste Unterschied in der Härtung oder dem Anlassen hin, um ihn zu einem magnetisch andern Stabe zu machen.

Statt also, wie in weichem Eisen, die Beobachtungen an einem und demselben Stabe zu wiederholen und dadurch von individuellen Einflüssen zu befreien, muß man zu jeder Beobachtung an Stahl einen neuen oder neugeglühten Stab nehmen und um mittlere Werthe mit einiger Zuversicht aufstellen zu können, stets ihrer mehrere von möglichst gleicher Beschaffenheit besitzen.

Die magnetische Kraft der Stäbe wurde an einem mit Dämpfer versehenen Stahlspiegel gemessen. Die Entfernung des Spiegels von der Scale betrug 18 Centimeter. Die Längen-Axe des Stabes lag im magnetischen Aequator und mit der Mitte des Spiegels in einer geraden Linie. Die Scale war in $\frac{2}{3}$ Decimeter getheilt, so daß $\frac{2}{3}$ Millimeter sicher geschätzt werden konnten. Die Ablesung geschah auf gewöhnliche Weise mit dem Fernrohr.

Die vollständige Beobachtung bestand aus drei Able- sungen, den Ablenkungen des Spiegels, wenn der Stab diesem mit seinem Nordpol oder mit seinem Südpol zugekehrt oder ganz entfernt wurde. Der Einfluß der Drehung des Fadens, der von einer molecularen Bewegung der Seide herrührt und wie alle Bewegungen dieser Art sehr langsam war, wurde dadurch beseitigt. Der Spiegel war immer sehr nahe im Meridian eingestellt.

Die magnetische Kraft des Spiegels wurde der Tangente des Ablenkungs-Winkels proportional gesetzt und dieser aus den abgelesenen Scaln-Theilen berechnet, und da es nicht auf die Winkel selbst, sondern nur auf die Verhältnisse

der Tangenten-ankam, wurden die Scalen-Theile mit Hülfe einer Corrections-Tabelle auf die Tangential-Verhältnisse reducirt. Wo in der Folge von Ablenkungen die Rede ist, sind immer die *bereits reducirten*, den Tangenten proportionalen Größen gemeint.

Andere Correctionen, die sonst bei Spiegel-Ablesungen angewendet werden, sind den Fehlern gegenüber, welche aus der Ungleichförmigkeit der magnetischen Vertheilung und der Verschiedenheit der Stäbe selbst hervorgehen, ganz überflüssig.

Die Entfernung des Stabes vom Spiegel betrug je nach den Dimensionen und der Intensität zwei bis sieben Decimeter. Sie war bei allen zusammengehörigen Beobachtungen, deren Verhältnisse bestimmt werden sollten, genau dieselbe. Um eine angenäherte Vergleichung auch bei ungleicher Entfernung möglich zu machen, wurde bei gleichen Kräften die Ablenkung den Stäben der Entfernung proportional gesetzt, also die Kräfte dem Producte der Ablenkung und des Cubus der Entfernung. Ich habe mich überdies durch viele unmittelbare Versuche überzeugt, dafs bei den Dimensionen der Apparate dadurch eine für den vorliegenden Zweck vollkommen genügende Annäherung erreicht wird.

Von den Stäben waren vier aus Gufseisen, cylindrisch, 62 Millim. lang, etwa 11,3 Millim. dick. Alle übrigen aus Rundstahl gleicher Art geschnitten, 11 Millim. dick und von verschiedener Länge, nämlich 50, 79, 100 und 150 Millim. Länge. Die Stäbe von 150 waren wahrscheinlich blau angelassen, von den übrigen besafs ich drei Arten: *weiche*, die nach dem Glühen langsam abgekühlt waren, *blau angelassene* und *glasharte*. Sie wurden entweder durch einen Hufeisen-Magnet oder eine galvanische Spirale magnetisirt.

In dem letzten Falle wurde eine Tangenten-Bussole und ein Rheostat eingeschaltet; und da der Strom für die Bussole zu stark war, so wurde diese in eine Nebenleitung

gebracht, deren Verhältnisse zur Hauptleitung, in welcher sich die Spirale befand, bei allen zusammengehörigen Versuchen unverändert blieb. In die Spirale kam der immer etwas kürzere Stab, und die Kette wurde entweder geschlossen und geöffnet, während der Stab in der Spirale lag; oder der Stab wurde, während die Kette geschlossen blieb, in die Spirale eingeschoben und aus ihr entfernt. Die Zeit seines Verweilens in der geschlossenen Kette wurde genau gemessen.

Die hufeisenförmige Lamelle, deren wir uns gewöhnlich bedienten, trug etwa $1\frac{1}{2}$ Kilogramm., und wurde durch ein Blättchen Papier von etwa 0,044 Millim. Dicke, das ihr vorlag und ihre Berührung durch den Stab verhinderte, noch beträchtlich geschwächt. Aber ihre Wirkung war für die Versuche hinreichend und wurde durch das Papier, welches die Bewegungen des Stabes gleichförmiger machte, vor störenden Erschütterungen geschützt. Zu stärkerer Erregung diente ein kräftiger Hufeisen-Magnet, der gegen 25 Kilogramm. trug.

Die Kraft, welche die Lamelle mit Papier durch wiederholtes Anlegen eines 50 oder 79 Millim. langen Stabes ertheilen konnte als Einheit gesetzt, war die Kraft, welche die Lamelle ohne Papier unter gleichen Umständen erregte, $= 1,38$.

Die cylindrischen Stäbe wurden der Lamelle, wenn nicht eine andere Lage angegeben ist, wie ein Anker vorgelegt, so daß die Mitte der Stab-Länge in der geometrischen Axe der Lamelle zu liegen kam, blieben dort 1 bis 10 Sekunden ruhig liegen, wurden dann aber mit sorgfältiger Vermeidung jeder Drehung oder Schiebung von der Lamelle entfernt und sogleich auf ihre magnetischen Momente am Stahlspiegel untersucht.

In anderen Versuchs-Reihen folgten Anlegen und Abnehmen des Stabes so schnell auf einander, daß sein Verweilen am Magnete keine $\frac{1}{8}$ Sekunde betragen haben kann. Wir bezeichnen dieses als *momentan*. Dasselbe gilt von der Magnetisation durch eine galvanische Spirale.

Ein einmaliges Anlegen an einen Magneten oder eine Spirale mag ein *Impuls* heißen. Die Impulse unterscheiden sich also durch die Beschaffenheit des Erregers, der in Galvanismus oder in Stahl-Magnetismus bestehen konnte, durch dessen Intensität, durch die Art des Anlegens und besonders durch die *Dauer* desselben.

Der durch einen Impuls magnetisirte Stahlstab wurde an dem Spiegel beobachtet und dann in der Regel sogleich einem zweiten, dem ersten ganz gleichen Impuls unterworfen, dessen Wirkung ebenfalls am Spiegel beobachtet und damit so lange fortgefahren, bis der Magnetismus nicht weiter stieg. Dieses von der Beschaffenheit der Impulse abhängige *Maximum* konnte natürlich durch Drehen oder Schieben des Stabes an der Lamelle oder Anwendung eines stärkern Magneten erhöht werden; als *absolutes Maximum* wollen wir das magnetische Moment bezeichnen, welches durch Streichen an dem oben erwähnten starken Hufeisen-Magnete hervorgebracht werden konnte.

Die Wirkung des ersten Impulses.

Der erste Impuls war immer der kräftigste, die folgenden wirkten immer schwächer und in der Nähe des Maximums wurde der Erfolg unsicher, indem ein neuer Impuls den Magnetismus bald schwächer bald stärker machte, aber beides in so geringem Maasse, daß die Höhe des Maximums nur innerhalb sehr enger Gränzen unsicher blieb. Zuweilen hatten die Stahlstäbe, noch ehe sie dem Versuch unterworfen wurden, ein gewisses magnetisches Moment erlangt. Betrug dieses nicht über 0,02 von demjenigen, welches sie durch den ersten Impuls erlangten, so wurde als Wirkung des ersten Impulses die Differenz der vor und nach ihm gefundenen magnetischen Momente betrachtet. War der anfängliche Magnetismus größer, so wurde der Stab verworfen.

In der folgenden Tabelle sind die Stäbe nach ihrer Länge und ihrer Härte geordnet.

Die *erste* Spalte enthält die Nummer des Stabes,

die auch in den später anzuführenden Beobachtungen bleibt.

Die zweite Spalte enthält den *Härte-Grad* in den drei Stufen, *weich* (*w*), *blau angelassen* (*bl.*) und *glashart* (*h*).

Die dritte, die Art der magnetischen Erregung, (*G*) durch Galvanismus, (*L*) durch die Lamelle.

Die vierte, die Dauer der magnetischen Einwirkung in Sekunden; (*M*), wo sie momentan war.

Die drei (*a*) (*a*₁) und (*m*) überschriebenen Spalten sind die Größen der *reducirten* Ablenkung, (*a*) für den ersten Impuls, (*a*₁) für den zweiten, (*m*) die durch Wiederholung *dieses* Impulses erlangte höchste Intensität. Die Ablenkungen bei verschiedenen Stäben beziehen sich aber nicht immer auf dieselbe Entfernung, sind also nicht vergleichbar. In einigen Fällen, wo die Wirkung schon beim zweiten Impulse unregelmäßig war, oder das Maximum durch schnelle Wiederholung der Impulse, deren Wirkung nicht immer gemessen wurde, erreicht wurde, ist *a*, weggelassen.

Die beiden letzten Spalten ($\frac{a}{m}$) und ($\frac{a_1}{m}$) sind die Verhältnisse der Wirkung der ersten zwei Impulse zu dem zu ihnen gehörigen Maximum. Wo *a*₁ fehlt, fehlt natürlich auch ($\frac{a_1}{m}$).

Tabelle über die Wirkungen des ersten Impulses im Verhältniß zu dem dazu gehörigen Maximum.

No.	Härte	Erregungs- weise	Dauer	<i>a</i>	<i>a</i> ₁	<i>m</i>	<i>a</i> : <i>m</i>	<i>a</i> ₁ : <i>m</i>
50 Millim. lange Stäbe.								
1	<i>w</i>	<i>G</i>	2"	1,43	1,55	1,68	0,85	0,92
2	"	"	<i>M</i>	0,67	—	0,80	84	—
3	<i>bl</i>	<i>L</i>	2"	2,64	2,82	3,26	0,81	0,87
4	"	"	2	2,75	2,97	3,57	77	83
5	"	"	2	3,68	4,02	4,72	78	85
6	"	"	2	2,52	2,75	3,29	77	84

No.	Härte	Erregungs- weise	Dauer	a	a_1	m	$a : m$	$a_1 : m$
7	<i>bl</i>	<i>L</i>	1"	4,17	4,68	5,64	0,74	0,83
8	"	"	1	1,40	1,61	1,81	77	91
9	"	"	<i>M</i>	2,07	2,27	2,48	84	92
10	"	"	"	2,52	2,65	3,29	77	80
11	"	<i>G</i>	10"	1,83	—	2,31	79	—
12	"	"	<i>M</i>	2,14	—	2,70	79	—
13	<i>h</i>	<i>L</i>	2"	2,74	2,99	3,65	0,75	0,82
14	"	"	2	2,37	2,82	2,07	82	91
15	"	<i>G</i>	<i>M</i>	1,60	1,75	2,01	80	87
16	"	"	"	3,21	3,38	3,62	87	93
17	"	"	"	0,44	0,52	0,57	77	91

79 Millim. lange Stäbe.

1	<i>w</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	2,32	2,54	2,80	0,80	0,88
2	"	"	"	2,05	2,24	2,51	82	90
3	"	"	"	2,22	2,51	2,73	81	92
4	<i>bl</i>	<i>G</i>	3"	4,91	5,71	6,26	0,78	0,92
5	"	<i>L</i>	2	5,82	6,29	7,86	74	80
6	"	"	<i>M</i>	5,73	6,78	7,68	75	88
7	"	"	2"	8,43	9,58	10,80	78	89
8	"	<i>G</i>	<i>M</i>	2,46	2,79	3,31	74	84
9	<i>h</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	4,31	4,76	5,37	0,80	0,89
10	"	"	"	5,54	6,12	6,72	82	90
11	"	"	5"	5,29	5,84	6,43	82	91

100 Millim. lange Stäbe.

1	<i>w</i>	<i>G</i>	5"	2,14	2,27	2,81	0,76	0,81
2	"	"	<i>M</i>	1,96	—	2,73	72	—
3	"	<i>L</i>	"	6,66	7,00	8,82	76	79
4	"	"	"	6,64	7,14	8,67	77	86
5	"	"	"	6,74	7,56	8,81	71	86
6	<i>bl</i>	<i>L</i>	5"	5,20	5,64	6,37	0,82	0,89
7	"	<i>G</i>	5"	6,83	8,10	9,06	75	89
8	"	"	<i>M</i>	7,07	8,17	9,32	76	88
9	<i>h</i>	<i>G</i>	5"	8,83	9,76	11,03	0,81	0,89
10	"	"	<i>M</i>	8,39	8,94	10,15	83	92
11	"	"	"	5,87	6,18	7,18	82	90

150 Millim. lange Stäbe.

1	<i>h</i>	<i>G</i>	5"	7,07	7,74	8,62	0,82	0,90
2	"	"	5"	7,03	7,72	8,79	81	88
3	"	"	<i>M</i>	6,78	7,42	8,28	82	90

No.	Härte	Erregungs- weise	Dauer	a	a_1	m	$a : m$	$a_1 : m$
4	<i>h</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	7,06	7,78	8,53	0,83	0,91
5	"	"	5"	7,23	7,96	8,82	82	93
6	"	"	5"	7,65	—	9,32	82	—
7	"	"	<i>M</i>	7,90	—	9,81	82	—
8	"	"	"	7,56	0,26	9,57	75	83

Gusseiserne Stäbe, 61 Millim. lang.

1	<i>h</i>	<i>L</i>	5"	5,22	5,98	6,43	0,81	0,93
2	"	"	5"	3,72	—	4,76	78	—
3	"	"	5"	4,96	—	5,61	78	—
4	"	"	<i>M</i>	3,79	4,02	4,93	77	82

Resultate der Tabelle.

Ordnet man die Werthe von $a : m$ nach der Länge und Härte der Stäbe, der Art und Dauer ihrer Magnetisirung, so ergeben sich folgende *mittlere Werthe*.

Die mittlere Wirkung des ersten Impulses, $a : m$.

Einfluss der Länge	Anzahl der Stäbe	Maxi- mum	Mini- mum	Mittel
Stäbe von 50 Millim.	17	0,87	0,74	0,797
" " 79 "	11	82	74	781
" " 100 "	11	83	71	774
" " 150 "	8	83	75	811
Einfluss der Härte				
Weiche Stäbe	10	0,85	0,71	0,784
Blau angelassene Stäbe	18	84	74	775
Glasharte Stäbe	19	87	75	812
Gusseisen	4	81	77	785
Einfluss der Magnetisirung				
durch galvanische Spiralen	30	0,87	0,72	0,801
durch Stahl-Lamellen	21	84	71	777
Einfluss der Dauer				
10 Sekunden	1	—	—	0,790
5 "	13	0,82	0,75	799
2 "	9	85	74	788
1 "	2	77	74	755
Eine Sekunde und mehr momentan	25	84	74	791
	26	87	71	792
Sämmtliche Stäbe	51	0,87	0,71	0,791

Aus diesen Tabellen ergibt sich das interessante Resultat, daß das Verhältniß zwischen den magnetischen Wirkungen des ersten Impulses und des durch Wiederholung desselben erreichbaren Maximums nur innerhalb sehr engen Gränzen schwankt. Bei den durch Galvanismus magnetisirten Stäben ist diese Gröfse zwar $\frac{1}{2}$ größer als bei den übrigen, aber dieser Unterschied rührt vermuthlich von dem Umstande her, daß die vielen Berührungen, welche zu dem durch die Lamelle hervorgebrachten Maximum nothwendig sind, in der Regel nicht genau dieselbe Kante des Stabes getroffen haben, so daß das Maximum dadurch etwas zu groß und der Einfluß des ersten Impulses, der natürlich nur eine Kante traf, verhältnißmäßig zu klein sind; und ich möchte daher den für die galvanisch magnetisirten Stäbe angegebenen Coëfficienten, vorausgesetzt, daß er für beide Methoden dieselbe Gröfse hat, für richtiger halten.

Was die Beschaffenheit der Stäbe betrifft, so findet zwischen Stäben verschiedener Dimensionen kein merklicher Unterschied statt; daß die Stäbe von 150 Millim. einen höhern Coëfficienten haben, rührt von ihrer Magnetisirung durch galvanische Spiralen her, da sie wegen ihrer Länge nicht füglich an die einander nahe stehenden Arme der Lamelle gelegt werden konnten.

Auch die Härte ist ohne entscheidenden Einfluß. Denn daß der Unterschied zwischen glasharten und weichen Stäben kein constanter ist, ergibt sich aus den blau angelassenen, deren Coëfficient kleiner ist, als die der übrigen, sowohl härteren als weicheren Stäbe. Für das spröde Gußeisen ergibt sich derselbe Werth.

Am merkwürdigsten ist jedoch das Resultat der letzten kleinen Tabelle. Das Verweilen des Stabes am Magneten oder an der Spirale bringt genau dieselbe Wirkung hervor es mag 5 Sekunden oder nur einen Moment, d. h. höchstens $\frac{1}{4}$ Sekunde betragen haben. Es ist dieses um so auffallender, als die Zeit für den Magnetismus unleugbar

von großem Einflusse ist. Ich werde auf diesen Umstand noch später zurückkommen.

Ähnliche Resultate ergeben sich auch aus der Größe des zweiten Coëfficienten $a_1 : m$, nur dafs hier, wo die Fehler bei der Beobachtung von a_1 zu denen von a noch hinzutreten, die Abweichungen beträchtlicher sind.

Tabelle über die mittlere Wirkung des zweiten Impulses $a_1 : m$.

Einfluß der Länge.	Anzahl der Stäbe	Maxi- mum	Mini- mum	Mittel
Stäbe von 50 Millim.	14	0,93	0,86	0,872
» » 79 »	11	92	80	885
» » 100 »	10	92	79	869
» » 150 »	6	93	83	892

Einfluß der Härte.

Weiche Stäbe	8	0,92	0,79	0,867
Blau angelassene Stäbe	16	92	80	865
Harte Stäbe	11	93	82	895
Gulßeisen	2	93	82	875

Einfluß der Magnetisirung.

Durch galvanische Spiralen	20	0,93	0,81	0,885
Durch Stahl-Lamellen	23	93	79	861

Einfluß der Dauer.

5 Sekunden	9	0,93	0,81	0,893
2 »	9	92	82	859
1 »	2	91	83	870
Eine Sekunde und mehr momentan	20	93	83	875
	23	93	81	879
Sämmtliche Stäbe	43	0,93	0,79	0,877

Also tritt auch hier die Unabhängigkeit der Coëfficienten von der Dauer der Magnetisirung auf das Entschiedenste hervor.

Die galvanischen Ströme, welche zum Magnetisiren verwendet wurden, unterschieden sich in ihren Extremen nur wie 1 : 1,5; aber die Spiralen waren bei den längeren Stäben etwa noch einmal so lang als bei den kürzeren. Zum Magnetisiren durch Stahlmagnete wurde in den überwiegend zahlreichsten Versuchen die oben erwähnte Lamelle mit

Papier angewendet. Allein in einigen Fällen war die Lamelle ohne Papier, also kräftiger und einige Male auch der Magnet stärker. Das Verhältniß der durch die erste Berührung erlangten Intensität zum Maximum, welches durch Wiederholung derselben Erregungsweise erlangt werden konnte, blieb stets innerhalb der Gränzen der in den Tabellen mitgetheilten Beobachtungen. Die magnetischen Kräfte der beobachteten Stäbe, man mochte die durch die kleine Lamelle oder die durch ein sehr kräftiges System von Hufeisen-Lamellen erregten Wirkungen vergleichen, verhielten sich etwa wie 1:40. Es hat daher die Annahme eine hohe Wahrscheinlichkeit für sich, daß die magnetischen Momente, welche der erste und der zweite Impuls in einem bisher nicht magnetisirten Stahl- oder Gufseisen-Stab erregen, zu dem Maximum, welches durch Wiederholung dieser Impulse zu erreichen ist, in einem constanten Verhältnisse stehen, welches unabhängig ist von den Dimensionen und der inneren Beschaffenheit der Stäbe und von der Beschaffenheit der Impulse, was ihre Dauer und Intensität betrifft und vermuthlich auch von der Art der Erregung; sie mag durch Magnete oder durch Galvanismus bewirkt werden.

In den Tabellen sind bloß zwei Impulse angegeben. Aber die Anzahl der beobachteten war weit größer, und mehrmals wurde die Wirkung eines jeden Impulses beobachtet, bis man überzeugt war, sich dem Maximum bis auf eine nicht mehr wahrnehmbare GröÙe genähert zu haben. Aber es war unmöglich die Reihe von Zahlen, die man dadurch erlangt, zu irgend einer brauchbaren Formel zu verwerthen. In Versuchen, bei denen alle Sorgfalt beobachtet war, fanden sich für die ersten und die folgenden Impulse die reducirten, d. h. den Momenten selbst proportionalen Ablenkungen:

8,39	9,34	9,66	9,71	9,90 ...	10,15 Maxim.
7,07	8,17	8,84	8,73	9,15 ...	9,32 Maxim.
8,88	9,76	10,08	10,43	10,27	10,31 ... 11,03 Maxim.

In der ersten Reihe nahm die Intensität immer zu, aber die Differenzen

8,39 0,95 0,32 0,05 0,19 0,25
 zeigen, daß die Regelmäßigkeit bald aufhört. In der zweiten und dritten Reihe wird das magnetische Moment durch neue Impulse bald vermehrt, bald vermindert, und namentlich da, wo man sich dem Maximum bis auf einige Tausendstel des Ganzen genähert hat, fehlt dieser Wechsel niemals und ist bei der großen Wirkung, den eine kleine Abänderung in der Art der Erregung hervorbringt, auch nicht zu vermeiden. Die Beobachtungsfehler, welche bei dem ersten und allenfalls auch bei dem zweiten Gliede verschwinden, gewinnen, je kleiner die Wirkung ist, welche ein neuer Impuls hervorbringen kann, einen größern Einfluß und machen bald jede Messung, wenigstens nach der von uns angewendeten Methode, vergeblich. Dieser Fehler trifft übrigens die Beobachtungen jeder Art von Stäben auf gleiche Weise, und der durch galvanische Spiralen erregte Magnetismus ist nicht regelmäßiger als der, welcher durch Anlegen an die Pole eines Magnets erregt wird.

Ueber das Verfahren beim Magnetisiren herrscht die Ansicht vor, daß bei einer Spirale das überhaupt mit ihrer Hilfe erreichbare Maximum schon in einem Moment erreicht werde, daß aber bei der Anwendung eines Stahl-Magnets ein längeres Verweilen des Stabes erforderlich sey. Beides ist also nach unseren Versuchen nicht richtig. Bei der Spirale bedarf es, um das Maximum zu erreichen, öfterer Wiederholungen; bei der Lamelle nützt das Verweilen nicht. Bei beiden Methoden, die sich also darin vollkommen gleichen, ist die Dauer der magnetisirenden Thätigkeit gleichgültig, aber diese muß, wenn das durch sie erreichbare Maximum erlangt werden soll, öfter wiederholt werden.

Die Umkehrung der Polarität.

Mehrere von den Stäben, welche durch Wiederholung gewisser Impulse ein relatives Maximum erlangt hatten, wurden entgegengesetzten Impulsen ausgesetzt. Der Stab wurde in umgekehrter Lage an dieselbe Spirale oder La-

melle gebracht, und dieses so oft wiederholt als die Ablenkung noch dadurch vergrößert wurde.

Die folgende Tabelle enthält die Beobachtungen an den beiden ersten Impulsen und dem dadurch erreichten *entgegengesetzten* Maximum. Ihre Einrichtung ist der der vorhergehenden Tabelle gleich.

Die *vier* ersten Spalten enthalten die *Nummer* des Stabes, welche mit den oben gegebenen übereinstimmt, die *Härte*, die *Art* des Impulses, *G* oder *L*, je nachdem der Stab durch eine galvanische Spirale oder einen Stahl-Magneten magnetisirt war, und die *Dauer* der magnetischen Einwirkung.

In der *fünften* Spalte ist *m* die unmittelbar vor der Anwendung des ersten entgegengesetzten Impulses stattfindende *Intensität*.

Die *sechste* und *siebente* Spalte enthalten die Werthe *b* und *b₁*, d. h. die reducirten Ablenkungen, welche die beiden ersten Impulse von entgegengesetzter Richtung aber sonst gleicher Beschaffenheit, hervorbrachten. *n* ist das durch die Fortsetzung dieser Impulse entstandene Minimum oder das Maximum in entgegengesetzter Richtung.

b, *b₁* und *n* haben, wie die Beobachtungen zeigten, immer eine der von *m* entgegengesetzten Richtung und sind daher als negativ bezeichnet.

Wenn diese Beobachtungen sich denen der ersten Tabelle unmittelbar anschlossen, so war *m₁* = *m*, das durch die angewandten Impulse erreichbare Maximum. Wurden sie jedoch Stunden oder Tage später angestellt, so war ein Theil des Magnetismus verloren gegangen und *m₁* ist alsdann kleiner als *m*. Wo *m₁* gröfser war als *m*, ist der Stab in der Zwischenzeit neuen magnetischen Erregungen ausgesetzt gewesen, die aber niemals bedeutend genug waren, um auf das Vorzeichen von *b* einzuwirken.

No.	Härte	Erregungsweise	Dauer	m'	b	b_1	n	$\frac{m'-b}{m'-n}$	$\frac{m'-b_1}{m'-n}$
-----	-------	----------------	-------	------	-----	-------	-----	---------------------	-----------------------

50 Millim. lange Stäbe.

1	<i>w</i>	<i>G</i>	2"	1,67	-0,79	-0,96	-1,11	0,88	0,95
3	<i>bl</i>	<i>L</i>	2	4,29	-0,28	—	-1,02	0,86	—
4	"	"	2	3,57	1,27	—	-2,59	79	—
5	"	"	2	5,10	1,66	-2,74	-3,95	75	0,87
8	"	"	1	2,10	1,30	—	-1,90	85	—
9	"	"	<i>M</i>	2,46	1,55	-1,75	-2,09	88	93
10	"	"	"	3,26	1,87	-2,17	-2,72	86	90
13	<i>h</i>	<i>L</i>	2"	3,66	-2,06	-2,44	-3,11	0,84	0,89
15	"	<i>G</i>	<i>M</i>	2,01	0,60	—	-1,07	85	—
16	"	"	"	3,61	1,10	-1,21	-1,81	87	89

79 Millim. lange Stäbe.

1	<i>w</i>	<i>G</i>	<i>M</i>	2,80	-1,36	-1,60	-1,81	0,90	0,95
2	"	"	"	2,51	-1,28	-1,70	2,00	84	93
3	"	"	"	2,73	-1,40	-1,62	1,86	90	95
4	<i>bl</i>	<i>G</i>	5"	6,26	-2,80	-3,46	-3,67	0,91	0,98
5	"	<i>L</i>	2	7,86	-3,75	-4,30	-5,47	87	91
6	"	"	<i>M</i>	7,68	-2,46	-3,34	-4,28	84	92
10	<i>h</i>	<i>G</i>	5"	6,82	-2,60	-3,06	-3,71	0,89	0,94
11	"	"	<i>M</i>	6,32	-2,81	-3,35	-3,93	89	95

100 Millim. lange Stäbe.

1	<i>w</i>	<i>G</i>	5"	2,70	-1,28	-1,61	-2,19	0,82	0,88
2	"	"	<i>M</i>	2,62	-1,36	-1,48	-2,29	81	83
4	"	<i>L</i>	"	8,67	-2,30	-3,36	-4,87	81	89
5	"	"	"	8,81	-2,40	-2,99	-5,89	76	80
6	<i>bl</i>	<i>L</i>	5"	6,34	-2,31	-2,93	-3,86	0,81	0,89
7	"	<i>G</i>	5	10,95	-3,62	-4,53	-5,87	86	93
8	"	"	<i>M</i>	9,22	-2,78	-3,87	-5,02	74	91
9	<i>h</i>	<i>G</i>	5"	11,17	-5,56	-6,61	-7,83	0,88	0,92
11	"	"	<i>M</i>	7,43	3,28	-3,61	-4,28	91	93

150 Millim. lange Stäbe.

1	<i>h</i>	<i>G</i>	5"	8,62	-3,73	-4,47	-5,25	0,89	0,94
2	"	"	5"	8,79	-2,82	-4,50	-5,41	82	94
3	"	"	<i>M</i>	8,28	-3,62	-4,29	-5,30	85	90
4	"	"	"	8,53	-3,94	-4,36	-6,66	82	85
5	"	"	5"	8,82	-4,28	-4,98	-6,96	84	89
6	"	"	5	9,32	—	-4,47	-5,38	—	93
7	"	"	<i>M</i>	9,81	-4,11	—	-6,12	87	—
8	"	"	"	9,57	-2,68	-3,23	-4,15	89	93

No.	Härte	Erre- gungs- weise	Dauer	m'	b	b_1	n	$\frac{m'-b}{m'-n}$	$\frac{m-b_1}{m'-n}$
1	h	L	5"	6,43	-4,07	-4,77	-5,98	0,85	0,90
2	"	"	5	4,76	2,25	—	3,39	87	—
3	"	"	5	5,61	3,33	—	4,80	86	—
4	"	"	M	4,93	2,54	3,19	4,02	83	91

Resultate der Tabellen.

Es war längst bekannt, daß der durch Streichen erregte Magnetismus weit leichter zerstört wird als er erzeugt war, und daß wenige Striche hinreichen sogar eine entgegengesetzte Polarität hervorzubringen. Dieses wird durch die Tabelle in so weit bestätigt, als ein einziger Impuls hinreicht die Polarität in Stäben umzukehren, welche durch eine beliebige Anzahl entgegengesetzter Impulse erregt worden war. Es versteht sich, daß dieser Impuls, wenn er schwächer war wie die frühern, diese Wirkung nicht in gleichem Maasse hervorbringen konnte. Ob der Impuls in der Wirkung eines Stahlmagneten oder einer Spirale besteht, ist gleichgültig.

Die folgenden Impulse erhöhen natürlich die Intensität dieses Magnetismus, aber niemals liefs sich durch die Wiederholung derselben eine der früheren gleiche Kraft erlangen. Ueber das Verhältniß dieser beiden Maxima m und n läfst sich bei der grofsen Verschiedenheit derselben kein brauchbares Resultat aus der Berechnung der mittleren Werthe erwarten. Dasselbe gilt auch von den Verhältnissen $b:n$ und $b_1:n$.

Einen besseren Erfolg gewährte die Berechnung von $\frac{m'-b}{m'-n}$ und $\frac{m'-b_1}{m'-n}$. Ich ging dabei von folgender Ansicht aus. Wenn ein noch nicht magnetisirter Stab einen Impuls empfängt, so erlangt er einen Magnetismus, der zu dem durch solche Impulse erreichbaren in einem constanten Verhältnisse steht, das wir beinahe $= 0,80$ setzen können. Bei der Umkehrung der Polarität ist die gesammte erreichbare Veränderung $m' - n$, wenn n in derselben Richtung,

also bei entgegengesetzter Polarität negativ genommen wird. Durch den ersten Impuls wird die Veränderung $m' + b$ bewirkt, das Verhältniß ist also $\frac{m' + b}{m' + n}$. Durch den zweiten Impuls steigt die Veränderung auf $m' + b_1$, und das Verhältniß auf $\frac{m' + b_1}{m' + n}$. Diese Gröfsen entsprechen also den Gröfsen $\frac{a}{m}$ und $\frac{a_1}{m}$ der vorbergehenden Tabellen.

Es finden sich für $\frac{m' - b}{m' - n}$ folgende mittlere Werthe:

Einfluß der Länge.	Anzahl der Stäbe	Maximum	Minimum	Mittel
Stäbe von 50 Millim.	10	0,88	0,75	0,843
„ „ 79 „	8	91	84	880
„ „ 100 „	9	91	74	832
„ „ 150 „	8	93	82	861

Einfluß der Härte

Weiche Stäbe	8	0,90	0,76	0,840
Blau angelassene Stäbe	12	91	74	835
Glasharte Stäbe	7	91	84	876
Gusseiserne Stäbe	4	83	87	852

Einfluß der Magnetisirung

Durch Galvanismus	20	0,93	0,74	0,860
Durch Stahlamellen	19	90	75	841

Einfluß der Dauer

5 Sekunden	13	0,93	0,81	0,836
1 bis 2 Sekunden	7	92	75	826
über eine Sekunde	20	93	75	830
momentan	19	91	74	847

Sämmtliche Stäbe, mittl. Werth	39	0,93	0,74	0,851
--------------------------------	----	------	------	-------

Die entsprechenden Werthe für $\frac{m' - b_1}{m' - n}$ sind:

Einfluß der Länge.	Anzahl der Stäbe	Maximum	Minimum	Mittel
Stäbe von 50 Millim.	6	0,95	0,87	0,905
„ „ 79 „	8	98	91	941
„ „ 100 „	9	93	80	887
„ „ 150 „	7	94	85	911

Einfluss der Härte.	Anzahl der Stäbe	Maxi- mum	Mini- mum	Mittel
Vveiche Stäbe	8	0,95	0,80	0,899
Blau angelassene Stäbe	9	98	84	916
Glasharte Stäbe	6	95	89	920
Gusseiserne Stäbe	2	91	90	905

Einfluss der Magnetisirung.

Durch Galvanismus	21	0,95	0,83	0,920
Durch Stahl-Lamellen	11	93	80	892

Einfluss der Dauer.

5 Sekunden	11	0,98	0,88	0,922
2 Sekunden	4	95	87	905
2 Sekunden und darüber	15	95	87	917
momentan	17	95	80	904
Sämmtliche Stäbe, mitl. Werth	32	0,98	0,80	0,905

Die mittleren Werthe für $\frac{m' - b}{m' - n}$ und $\frac{m' - b_1}{m' - n}$ führen also insofern zu denselben Resultaten, wie die in der früheren Tabelle mitgetheilten von $\frac{a}{m}$ und $\frac{a_1}{m}$, als auch bei ihnen die Dauer des magnetischen Impulses, von der momentanen an bis zu der von 10 Sekunden, ganz ohne Einfluss ist. Der Unterschied zwischen Stäben von verschiedenen Dimensionen und Härte-Graden ist in Betracht der grossen Differenz zwischen den Extremen sehr klein; er würde noch kleiner geworden seyn, wenn ich die von den mittleren Werthen entfernten Beobachtungen hätte weglassen wollen.

Nur die Art der Magnetisirung hat dem Anscheine nach einigen Einfluss, indem die Werthe $\frac{m' - b}{m' - n}$ und $\frac{m' - b_1}{m' - n}$ für Galvanismus etwas gröfser sind als für den Magnetismus durch Stahl, wie es auch bei $\frac{a}{m}$ und $\frac{a_1}{m}$ der Fall war. Aber auch dieser Unterschied würde vielleicht verschwinden, wenn die Stäbe immer genau mit derselben Kante an den Magneten gelegt, und vor jeder Drehung geschützt werden könnten.

Ich will die hierher gehörigen mittleren Werthe der vier bisher betrachteten Gröſsen noch einmal zusammenstellen.

	Erste Magnetisation		Umkehrung der Pole	
	$a : m$	$a_1 : m$	$\frac{m'-b}{m'-n}$	$\frac{m'-b_1}{m'-n}$
Durch die Spiralen	0,801	0,885	0,860	0,920
Durch die Lamellen	0,777	0,861	0,841	0,892
Für sämmtliche Stäbe	0,789	0,873	0,851	0,906

Diese Werthe sind, von kleinen Störungen abgesehen, wahrscheinlich unabhängig von den Dimensionen und der Beschaffenheit der Stäbe, so wie von der Intensität und Art des Impulses.

Der erste Impuls bringt also etwa $\frac{1}{3}$ der Wirkung hervor, welche überhaupt durch die Wiederholung dieser Impulse zu erreichen ist. Ein durch seine Einfachheit sich auszeichnendes Gesetz für die Wirkung späterer Impulse würde seyn: daß die Wirkung eines Impulses zu der durch dessen Wiederholung erreichbaren in einem constanten Verhältniß stehe.

Wenn also k dieses constante Verhältniß ist, d das im Stabe vorhandene, e das durch den nächsten Impuls erlangte, und m das durch Wiederholung der Impulse erreichbare Moment, so müßte demnach

$$k = \frac{e-d}{m-d}$$

seyn.

Der erste Impuls bringe das magnetische Moment a_1 hervor, die folgenden a_2, a_3, \dots, a_n , so würde nach dem ersten Impulse der noch zu erlangende Magnetismus $m(1-k)$ seyn; nach dem n ten Impulse wäre dieser Rest $= m(1-k)^n$.

Da aber m fast $\frac{1}{3}$ ist, so würde der Rest nach dem zweiten Impulse nur $\frac{1}{7}$ seyn, und nach dem fünften Impulse $\frac{1}{3125}$, also nicht mehr wahrnehmbar seyn. Dieses ist aber der Fall bei weitem nicht. Der zweite Impuls läßt

noch einen Rest von 0,127 und 4 bis 5 Impulse reichen zu einer genügenden Annäherung an das Maximum nicht hin.

Ferner würden $\frac{m'-b}{m'-n} = \frac{a}{m}$ und $\frac{m'-b_1}{m'-n} = \frac{a_1}{m}$ seyn müssen, was ebenfalls nur sehr entfernt mit den Beobachtungen übereinstimmt.

Zur Thätigkeit des Magnetismus, wenn sie auch im Wesentlichen auf jenem Gesetze beruhen sollte, treten also jedenfalls noch andere Einflüsse hinzu, welche die Wirkung beträchtlich modificiren. Wir glauben sie in einer Art *molecularer* Bewegung der magnetischen Theile zu finden, die ganz im Gegensatz zu der bisher betrachteten im hohen Grade von der Zeit und von andern auf die Anordnung der Theile einwirkenden Ursachen abhängig ist.

Einfluß von Erschütterungen auf den Magnetismus der Stabstäbe.

Dafs die Hindernisse, welche *molecular* Kräfte der Herstellung eines mechanischen Gleichgewichts eines Körpers bereiten, durch Erschütterung desselben leichter beseitigt werden, ist eine alte Erfahrung. Aehnliches ist auch im Gebiete des Magnetismus bekannt. Wertheim, Wiedemann und Andere haben interessante Versuche über den Einfluß der Torsion und anderer Arten von Erschütterungen angestellt, auch solcher, welche den *Molecular*-zustand des Eisens bleibend verändern.

Die Erschütterungen, die wir untersucht haben, liefsen keine bleibenden Veränderungen im Stabe zurück. Es waren Schläge mit einem hölzernen Hammer, deren Intensität ich der Kraft eines von etwa 30 Centimeter herabgefallenen Gewichtes von 400 Grammen gleich schätze. Sie folgten auf einander in Perioden von $\frac{1}{2}$ Sekunde, also in 5 Sekunden fielen ihrer zehn.

Ein auf sein *Maximum* magnetisirter Stab, der, während er der Lamelle anlag, erschüttert wurde, *veränderte sich nicht*. War er aber nicht gesättigt, so stieg sein Magnetismus.

Ein 50 Millim. langer Stab, dessen Kraft = 35,9 war,

erhielt, während er wie ein Anker an den Polen der Lamelle lag, 10 Schläge binnen 5 Sekunden; er stieg auf 37,0, also um 0,031.

Von neuem erschüttert stieg er auf 37,4, also im Ganzen um 0,042.

Bei einem andern Stabe von 50 Millim. Länge und einer Kraft = 39,9 betrug das Steigen 0,022.

Aehnliche Verstärkungen wurden bei mehrern andern Stäben ohne Unterschied der Härte gefunden. Die Erschütterungen erhöhten zwar nicht das Maximum, welches auch durch bloßes Anlegen an die Lamelle erreicht worden wäre; aber sie beschleunigten es, indem eine Wirkung, welche sonst erst nach einer längern Zeit eintreten würde, durch die Erschütterung sogleich hervorgerufen wird. Je langsamer das Maximum erreicht wird, desto wirksamer ist die Erschütterung. Dieses ist z. B. bei dem Umkehren der Polarität, wo das Maximum später eintritt, als bei der ersten Magnetisirung der Fall; hier sind daher die Schläge, welche auf den Stab geführt werden, während er der Lamelle anliegt, wirksamer als dort.

Ist der Stab vom Magneten entfernt und in einer Lage, in welcher der Erdmagnetismus nicht auf ihn wirken kann, so besteht die Wirkung der Hammerschläge in einer Schwächung des Magnetismus.

Ein Stab, dessen Kraft 27,7 betrug und der von seiner Sättigung weit entfernt war, kam durch 8 halbe Sekunden-Schläge:

perpendicular auf seine Länge, auf 24,2 also Verlust	0,126;
auf das Südende	22,6 " " 184;
" " Nordende	22,0 " " 206;
desgleichen	21,1 " " 238;
perpendicular auf seine Länge	20,8 " " 249.

Der Verlust, den ein Schlag hervorbringt ist, wie zu erwarten war, anfangs am größten und nimmt allmählich ab. Bei einer gewissen Gränze wird durch die Wiederholung der Schläge die Kraft nicht weiter vermindert. Die Richtung der Schläge scheint ohne beträchtlichen Einfluß zu seyn.

In den folgenden Versuchen trafen die Erschütterungen einen Stab, der abwechselnd der Lamelle bald anlag, bald davon entfernt war. Die Wirkung war, wie erwähnt, namentlich da beträchtlich, wo die anfängliche Polarität umgekehrt war.

Ein Stab von 50 Millim. hatte die Kraft	50,4;	
an der Lamelle liegend erschüttert	51,0	Diff. +0,06;
in entgegengesetzter Lage angelegt	-30,0;	
stieg durch Schläge auf ein Polende	-34,6	" +0,46;
Von der Lamelle entfernt und auf einem Holzblock lie-		
gend je 8mal geschlagen sank er nach und nach auf:		
30,3 28,3 27,5 26,4 26,0		
von neuem angelegt	-34,0;	
erschüttert	-37,0.	
Ein anderer Stab von 39,9 Kraft gab		
umgekehrt angelegt	-24,0;	
nach 4 Erschütterungen am Magnet	25,8	Diff. + 1,8;
angelegt und nicht erschüttert . .	26,4	" 0,6;
angelegt und erschüttert	27,7	" 1,3;
vom Magnet entfernt, erschüttert .	20,8	" - 6,9;
angelegt und erschüttert	31,7	" +10,9.

Man sieht an diesen Versuchen, wie bedeutend die Erschütterung sowohl stärkend als schwächend wirken kann, und wenn bei ihnen auch immer 8 bis 10 Schläge angewendet wurden, so haben einige Versuche mich überzeugt, daß auch ein einziger schon eine für unsere Apparate merkliche Wirkung hervorbringen kann.

Um den Einfluß der *Drehung* des Stabes an den Polen kennen zu lernen, wurde der Stab entweder (a) an eine Seitenlinie gelegt, oder er wurde (b) am Magneten gedreht.

Durch das erste Anlegen erlangte er die Kraft 10,0, also:

a	b	a	b	a	b
18,0	19,2	19,2	20,6	20,4	21,2.

Obgleich das bloße Anlegen zuweilen keine Stärkung, ja eine Schwächung hervorbringt, hat die Drehung stets eine beträchtliche Stärkung des Magnetismus zur Folge.

Die Maxima beim Anlegen mit einer Kante und beim Drehen verhielten sich wie 1 zu 1,25 bis 1,27 und sogar ein geringes, etwa $\frac{1}{10}$ des Umfanges betragendes Drehen erhöht das Maximum schon um 1,04 bis 1,07.

Auch wenn man bei wiederholtem Anlegen die Kante wechselt, erhält man ein größeres Maximum, als wo dieses unterbleibt. Man muß also, wenn man die Wirkung eines einmaligen Anlegens mit dem diesem entsprechenden Maximum vergleichen will, sehr sorgfältig verfahren und ich habe schon oben erwähnt, daß die Unterschiede der Coefficienten $\frac{a}{m}$ usw. (S. 56 und 65) zwischen Stäben, die durch die Spirale und durch die Lamelle magnetisirt sind, wahrscheinlich von diesem Umstande herrühren.

Auch das *Schieben* des Stabes an den Polen der Lamelle bringt eine Erhöhung des Magnetismus hervor. Sie betrug bei Stäben von 50 Millim. Länge 1,4 bis 1,5.

Daß es bei diesen Versuchen nicht bloß die Annäherung aller Theile eines Querschnitts an die Pole der Lamelle, sondern auch die während der magnetischen Wirkung der Lamelle stattfindende Erschütterung ist, welche die Erhöhung verursacht, geht ferner aus folgenden Ablenkungen des Stabes No. 7 von 80 Millim. Länge hervor, welcher während des Anlegens an der Lamelle einmal um seine Axe gedreht wurde, bald rechts (R), bald links (L).

R	L	L	R	R	R	L	L	R	R
5,40	5,61	5,63	5,71	5,73	5,71	5,83	5,74	5,80	5,76
Diff. 0,21	0,02	0,08	0,02	—0,02	0,12	—0,09	0,06	—0,04	

Während die Wiederholung derselben Drehung wenig oder selbst negativ wirkte, brachte ein Wechsel in der Richtung der Drehung immer eine namhafte Vermehrung hervor.

Bei dem Magnetisiren der Stahlstäbe durch Stahlmagnete sucht man nicht bloß alle Punkte ihrer Längen-Axe zwischen die Pole des streichenden Magneten zu bringen, sondern auch alle Punkte ihres Querschnittes. Man dreht daher den Stab, wenn er cylindrisch ist, oder legt ihn auf seine verschiedenen Seitenflächen, wenn er prismatisch ist,

und schiebt ihn an dem Magneten hin und her. Aber mit dieser Manipulation, welche jeden Punkt der Oberfläche den Polen des Magnets möglichst nahe bringt, erfüllt man zugleich unbewußt eine zweite zum Gelingen führende Bedingung. Man bringt eine Erschütterung hervor, welche, wenn sie das Maximum auch nicht erhöht, doch das Eintreten desselben beschleunigt.

Bei dem Magnetisiren durch einen Elektromagneten, bei dem das Streichen gewöhnlich nicht zulässig ist, ist es daher zweckmäßig, den Stab, während er den Polen anliegt, stark zu erschüttern und die Wirkung durch wiederholtes Oeffnen der Kette zu unterbrechen.

Die spontanen Veränderungen in dem Magnetismus von Stahlstäben.

Neben den raschen Veränderungen, welche ein Magnet durch seine Annäherung oder Entfernung im Stabe hervorbringt, und den ebenfalls schnell eintretenden Wirkungen einer Erschütterung findet noch eine andere Steigerung oder Schwächung des Magnetismus statt, deren langsames Fortschreiten in einem schroffen Gegensatze steht zu der fast gänzlichen Bedeutungslosigkeit der Zeit beim Magnetisiren.

Es ist, seitdem man Hufeisenmagnete mit starker Belastung construiert, bekannt, daß ihre Anker nach und nach bis zu einer gewissen Gränze stärker belastet werden können. Die Anziehungskraft zwischen Magnet und Anker nimmt also mit der Zeit zu. Es erlangt ferner ein Stab von Stahl oder Eisen einen stärkeren Magnetismus, wenn er an einem Magnete Tage, als wenn er ihm Stunden angelegen hatte.

Eine andere nicht minder bekannte Beobachtung ist an den zur Sättigung magnetisirten Stahlstäben gemacht worden, welche durch bloßes Liegen, ohne daß eine Störung durch Temperatur-Wechsel oder durch die Erde oder andere Magnete hatte stattfinden können, einen Theil ihrer Kraft allmählich verlieren und erst nach längerer Zeit ein constantes magnetisches Moment erlangen. Aber über die

Länge dieser Zeit im Verhältniß zur Abnahme fehlen alle Beobachtungen. Auch ist bei allen hierher gehörigen Beobachtungen nicht untersucht worden, welcher Theil der Abnahme der bloßen Zeit und welcher der weit kräftigeren Ursache, den Erschütterungen, angehört. Man pflegt auch anzunehmen, daß bei einem nicht gesättigten Stabe dieser Verlust weniger zu fürchten sey.

Wenn Magnete mit ihren gleichnamigen Enden auf einander gelegt werden, so tritt eine starke Schwächung ihrer Kraft ein. Sind es z. B. Hufeisen-Lamellen, welche zur Bildung eines kräftigen Magneten über einander geschichtet werden, so wird eine Lamelle um so mehr an Kraft verlieren, als sie mehr nach innen liegt. Diese Schwächung ist jedoch größtentheils eine der momentan auftretenden Wirkungen der Magnete.

Beobachtungen über den allmählichen Verlust an Kraft, den Magnetstäbe bloß durch innere Ursachen erleiden, wurden auf die Weise angestellt, daß man den Stab in eine passende Entfernung vom Magnetspiegel brachte und ohne etwas am Apparate zu verrücken, einige Stunden hindurch beobachtete. Aber die Veränderungen waren so gering und durch die moleculare Drehung des Fadens, die hier nicht corrigirt werden konnte, so unsicher gemacht, daß wir es *vorläufig* vorzogen, zu jeder Beobachtung die gewöhnlichen drei Ablesungen vorzunehmen. Die Erschütterungen wurden zwar sorgfältig vermieden, indessen bin ich nicht sicher, ob nicht das Umlegen und Entfernen der Stäbe hin und wieder einen Fehler verursacht hat. Diese konnten aber natürlich nur in einer Vermehrung des Verlustes bestehen, so daß die Beobachtungen ihn vielleicht zuweilen etwas *zu groß* angeben mußten.

In den folgenden Tabellen ist *Decrement* die Größe $\frac{a-b}{a}$, wenn a die Intensität des Magnetismus bei der ersten, unmittelbar auf die Magnetisation folgenden Beobachtung ist, b ist die einer späteren Zeit, $\frac{a-b}{a}$ also die *verhältnißmäßige* Abnahme.

Die *Zeiten* sind von dieser ersten Beobachtung an gerechnet, die so schnell als möglich auf die Magnetisirung selbst, etwa 2 bis 3 Minuten später, erfolgte.

Die Beobachtungen sind in zwei Tabellen vertheilt. Die *erste* enthält zunächst diejenigen, welche in den ersten Minuten nach der Magnetisirung angestellt sind. Der Uebersicht wegen sind dieser auch einige Angaben über längere Intervalle beigelegt. Die *zweite* Tabelle enthält die Decremente für Stunden und Tage. Diese längeren Zeiträume sind nur angenähert, so daß für 45 und 80 Minuten eine Stunde, für 20 und 30 Stunden ein Tag gesetzt ist.

Das Zeichen *m* in der zweiten Tabelle bedeutet, daß der Stab an einem sehr starken Magneten zur *Sättigung* magnetisirt war.

Die *Härte* ist wie früher in *drei* Stufen angegeben: *weich* (*w*), *blau* angelassen (*bl*) und *glashart* (*h*). Der weichen sind zufällig sehr wenige.

Einen Unterschied zwischen den durch *Spiralen* oder *Lamellen* erregten Stäben hervorzuheben zeigte sich hier als ganz überflüssig. Sie verhielten sich vollkommen gleich.

Die Ablesungen selbst bestehen in Zahlen zwischen 20 und 100, fast immer zwischen 40 und 70. Die Einheit bedeutet also schon einen Unterschied von etwa 0,002. Treten dazu die noch aus andern Quellen herrührenden Beobachtungsfehler, so darf man sich über beträchtliche Abweichungen nicht wundern. Ich habe keine Beobachtung bloß deshalb ausgeschieden, weil sie von den übrigen zu sehr abgewichen wäre.

Für eine jede Beobachtungs-Reihe ist in der *Kraft* überschriebenen Spalte die Intensität verzeichnet, welche der Stab bei der ersten Beobachtung hatte. Wenn ein Stab in mehreren Reihen vorkommt, war sein Magnetismus durch das Anlegen an eine Spirale oder Lamelle verstärkt oder geschwächt worden. Die in der Reihe angegebene Kraft ist immer diejenige, welche unmittelbar nach jener Veränderung beobachtet wurde und dann weiter abnahm.

Tabelle I.

Decremente in Minuten und Stunden.

No.	Kraft	Zeit 4-6 Minut.	De- cre- mente	Zeit 7-12 Minut.	De- cre- mente	Zeit 12-20 Minut.	De- cre- mente	Zeit 1 Stunde	De- cre- mente
50 Millim. lange Stäbe.									
3	22,5	5'	0,001	—	—	—	—	—	—
	24,9	5	001	—	—	—	—	—	—
	47,4	—	—	—	—	—	—	1	0,015
14	29,4	4'	—	7'	0,004	—	—	2	0,015
	32,3	4	0,000	11	004	19	0,018	2	025
	34,0	4	007	12	007	—	—	1	014
	34,5	4	003	—	—	—	—	1	017
	35,4	4	003	7	003	—	—	5	013
	39,6	4	003	—	—	—	—	24	013
18	27,4	6'	0,004	—	—	—	—	24	0,031
	29,8	—	—	7'	0,000	14'	0,004	1	020
	36,0	—	—	9	008	13	008	1	015

79 Millim. lange Stäbe.

9	109,9	4'	0,001	—	—	17'	0,005	1	0,010
12	91,0	5'	0,001	9'	0,003	15'	0,005	—	—
13	90,3	5'	0,003	8'	0,005	12'	0,006	2	0,027
	97,0	—	—	8	001	18	003	2	013
	103,3	—	—	8	001	13	007	1	014
	104,5	5	005	11	009	—	—	2	013
	106,7	5	001	9	002	15	005	24	013
	109,2	4	003	10	006	—	—	24	026
	109,3	4	003	11	004	—	—	—	—
14	92,8	—	—	9'	0,007	18'	0,009	29	0,037
	97,5	6'	001	—	—	—	—	1	017
	106,7	4	004	8	005	—	—	1	016
	108,1	4	005	8	006	—	—	2	014
	109,8	4	005	8	006	—	—	2	021

Tabelle II.

Decremente in Stunden und Tagen.

No.	Härte	Kraft	Sättigung	Decremente in Stunden			Decremente in Tagen	
				1	2	3	1	2
50 Millim. lange Stäbe.								
2	w	14,1 26,9	— m	— 0,016	— —	— —	0,012 —	— —
1	w	7,75 47,4	— m	— —	— —	— —	0,009 015	— —
3	bl	47,4 82,1 60,8	— m —	0,015 046 —	— — 0,015	— — —	— — —	— — —
5	bl	27,5 29,5	— —	— —	— —	0,013 —	— 0,075	— —
9	bl	18,5 27,0 32,4	— — —	— — —	— — —	— 0,026 —	0,038 028 020	— — —
18	bl	27,6 29,8 31,2 32,1 32,3 36,0 120,5 53,1	— — — — — — m —	— 0,020 — — 022 015 — —	— — — — — — 0,027 —	0,026 020 — 018 — — — —	0,031 — 019 018 026 015 — 018	0,031 — — — — — — —
13	h	42,5 43,3 53,5 31,2 36,3 90,3 53,5	— — — — — m —	— 0,023 — — — — —	— — — 0,019 — 012 028	— — — — — — —	0,021 024 020 016 — — 013	— — 0,022 — 022 — 016
14	h	29,4 31,2 32,3 34,0 34,5 35,0 39,6	— — — — — — —	— — — 0,014 017 — —	0,015 — — 017 — — —	— — — — — — —	— 0,016 032 024 — — — —	— — — 033 023 013 013

No.	Härte	Kraft	Sättigung	Decremente in Stunden			Decremente in Tagen	
				1	2	3	1	2
79 Millim. lange Stäbe.								
5	bl	41,0	—	—	—	—	0,050	—
		54,1	—	—	—	—	040	—
		90,3	—	0,023	—	—	—	—
		125,0	—	—	—	—	013	—
7	bl	106,0	—	—	—	—	0,030	—
		236,5	m	—	—	—	015	—
13	bl	90,3	—	—	0,027	—	0,027	—
		97,0	—	—	013	—	013	—
		99,9	—	—	—	—	022	0,022
		103,3	—	0,014	—	—	018	—
		104,5	—	—	013	—	014	—
		106,7	—	—	—	—	013	—
		109,2	—	—	—	—	026	—
		— 82,5	—	0,036	—	—	035	—
14	bl	82,5	—	—	—	—	0,037	—
		90,3	—	—	—	—	027	—
		91,0	—	—	—	—	033	—
		92,0	—	—	—	—	031	—
		97,5	—	0,017	—	—	017	0,017
		99,5	—	—	—	—	023	—
		99,9	—	—	—	—	022	—
		104,4	—	—	—	—	017	—
		106,7	—	0,016	—	—	026	—
		107,6	—	—	—	—	016	—
		108,1	—	—	0,014	—	—	—
		109,0	—	—	—	—	021	—
		110,0	—	—	—	—	—	017
15	bl	88,0	—	—	—	—	0,030	—
		252,4	m	—	—	—	024	—
9	h	109,9	—	—	—	—	0,031	—
		114,0	—	—	—	—	023	—
		118,4	—	—	—	—	—	—
		306,4	m	0,001	—	—	—	—
10	h	319,8	m	0,029	—	—	—	
11	h	319,2	m	0,043	—	—	—	
12	h	274,2	m	0,043	—	—	—	

No	Härte	Kraft	Sättigung	Decremente in Stunden			Decremente in Tagen	
				1	2	3	1	2

100 Millim. lange Stäbe.

1	w	228,3	m	0,008	—	—	—	—
7	bl	125,2	—	—	—	—	0,014	—
15	bl	158,6	—	—	—	0,014	—	—
		468,9	m	—	—	—	0,019	—
		45,7	—	—	—	014	028	—
		92,0	—	—	—	—	017	—
18	bl	127,9	—	—	—	—	0,021	—
		418,6	m	—	—	—	020	—
		41,8	—	—	0,023	—	—	—
9	h	549,4	m	0,015	—	—	—	—
10	h	521,6	m	022	—	—	—	—
11	h	193,9	—	—	—	—	0,032	—
		538,2	m	013	—	—	—	—
13	h	524,5	m	—	0,034	—	0,028	—
		42,7	—	—	—	—	036	—
		418,3	—	—	—	—	020	—
14	h	410,6	—	—	0,023	—	0,020	—
		427,9	—	—	—	—	020	—
		525,8	m	0,030	—	—	—	—

150 Millim. lange Stäbe.

1		1143	m	0,032	—	—	—	—
3		1046	m	034	—	—	—	—
5		903	m	018	—	—	0,030	—
6		1096	m	017	—	—	—	—
7		1192	m	015	—	—	—	—
8		1238	m	015	—	—	020	—

Resultate aus den Tabellen.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich also für einen keiner Erschütterung ausgesetzten Stab eine nur sehr geringe Abnahme der Kraft. Wenn man einen von einem Magneten neu erregten Stab, wie einen neuen betrachtet und demnach den mittleren Werth des Decrementes berechnet, so beträgt dieses nach der ersten Tabelle, von der ersten nach der Magnetisirung gemachten Beobachtung an gerechnet

Zeit	Zahl der Beobachtungen	Maximum	Minimum	Mittlerer Werth
4 — 6'	19	0,007	0,000	0,0028
7 — 12'	18	0,009	0,000	0045
12 — 19'	11	0,018	0,003	0070
1 Stunde	9	0,020	0,000	0177
2 Stunden	6	0,013	0,027	0,0178

Diese Tabelle enthält nur sieben Stäbe, ein jeder mit einer bis sieben Beobachtungs-Reihen. Das Resultat wäre jedoch nicht sehr verschieden gewesen, wenn man das Gesamtmittel aus den Mittelwerthen der Stäbe berechnet hätte.

Aus der zweiten Tabelle ergeben sich folgende Werthe:

	1 Stunde	2 Stunden	3 Stunden	1 Tag	2 Tage
weich	0,012 ²	—	—	0,012 ³	—
blau	0,020 ¹¹	0,019 ⁷	0,019 ⁷	0,023 ³⁰	0,022 ⁴
hart	0,019 ⁷	0,026 ¹¹	—	0,024 ¹⁶	0,020 ⁷
150 Millim.	0,022 ⁶	—	—	0,025 ²	—
Sämmtlich	0,020 ²⁶	0,023 ¹⁸	0,019 ⁷	0,023 ⁴⁹	0,021 ¹¹
Gesättigt.	0,023 ¹⁷	0,024 ³	—	0,023 ⁸	—

Die kleinen Zahlen rechts oben in den Quadraten sind die Anzahl der Beobachtungen, aus denen der mittlere Werth genommen ist.

Diese Mittelwerthe sind, wie ein Blick auf die Tabellen zeigt, noch weit entfernt, den Grad von Genauigkeit zu haben, den man zur Berechnung auch nur einer Interpolations-Formel haben muß. Die Zahlen in der das

Gesamtmittel enthaltenden Reihe sind für die Zeiträume von einer Stunde bis zwei Tage

0,020 0,023 0,019 0,028 0,021,

obgleich ein längerer Zeitraum nicht kleinere Zahlen haben kann als ein kürzerer. Auch stimmt die zweite Tabelle in den Decrementen für die ersten beiden Stunden mit der ersten nicht überein: hier 0,018 für beide Stunden, dort 0,020 und 0,022. Die Anzahl der Beobachtungen reichte offenbar nicht hin, um die individuellen Unterschiede in den Mittelwerthen auszugleichen.

Die Beobachtungen können ferner leicht durch Erschütterungen fehlerhaft werden, welche zwar nie so bedeutend werden können, wie bei den oben angeführten Versuchen mit Hammerschlägen, jedoch hinreichen, die Verhältnisse der schwachen Decremente in merklicher Weise zu verändern. Unstreitig rühren einige sehr hohe Decremente, besonders nach längeren Zeiträumen, von dieser Ursache her.

Die Decremente steigen von dem Moment der Magnetisirung an allmählich bis zum Intervall von 20 Minuten. Die Veränderungen, welche der Stab in den ersten 2 bis 3 Minuten erfährt, bleiben natürlich unbekannt; aber nach dem Gange, den sie nehmen, ist es wahrscheinlich, daß das Decrement anfangs der Zeit proportional, allmählich constant wird, daß also die Curve, welche die Zeit als Abscisse und die Decremente als Ordinate genommen, den Gang der Veränderungen ausdrückt, sich anfangs zur Abscissen-Linie in einem, wie wir sehen werden, unter vielen Umständen gleichen Winkel neigt und ihr bald parallel wird. Dieses ist schon am Ende der ersten Stunde beinahe vollständig der Fall. In der ersten Tabelle ist die Decrescenz nach zwei Stunden nicht gröfser als nach der ersten Stunde und in der zweiten Tabelle finden sich für die längeren Zeiträume fast eben so oft kleinere als gröfsere Werthe, ein Zeichen, daß sie nahe constant sind und zwar etwa $\approx 0,05$ der Kraft betragen.

Die Härte der Stäbe scheint nur geringen Einfluß auf die Decremente zu üben. Von weichen Stäben sind die

Beobachtungen nicht zahlreich genug. Die *blau angelassenen* haben zwar nach zwei Stunden eine kleinere Abnahme erfahren, aber nach zwei Tagen eine grössere als die harten Stäbe. Auch die 150 Millim. langen Stäbe zeigten keinen entscheidenden Unterschied.

Was die *Sättigung* betrifft, so sollte man erwarten, daß je näher der Stab seinem Maximum steht, desto größer der Verlust seyn müsse. Aber was wir schon bei anderen Gelegenheiten haben nachweisen können, bestätigt sich auch hier. Die Sättigung übt keinen durch unsere Beobachtungen nachweisbaren Einfluß aus. Die mit *m* bezeichneten Stäbe der zweiten Tabelle waren durch Streichen mit einem sehr kräftigen Magneten so stark magnetisirt wie möglich, und dennoch weicht die *Decrescenz* nur wenig von derjenigen der übrigen Stäbe ab, die meistens von der Sättigung weit entfernt waren. Wenn also die Abnahme der magnetischen Kraft von dem Grade der Sättigung oder der Härtung abhängen sollte, so beträgt der Unterschied höchstens 0,1 bis 0,2 von der Abnahme selbst.

Dasselbe gilt auch von den *Decrementen* bei den Stäben, deren Kraft als negativ bezeichnet ist, weil die erste in ihnen erzeugte Polarität durch einen entgegengesetzten Impuls umgekehrt wurde. Auch bei ihnen liefs sich keine constante Verschiedenheit nachweisen.

Von einigen Stäben, z. B. No. 13, 14, 15 bei 50 Millim. Länge, No. 13, 14 bei 79 Millim. Länge sind in den Tabellen mehrere Beobachtungen angeführt, bei denen die Kräfte, deren Abnahme man beobachtete, sich nur sehr wenig unterscheiden. Es waren Stäbe, welche durch einen oder mehrere Impulse gewisser Art dem dadurch erreichbaren Maximum schon nahe gebracht waren, und daher durch einen neuen Impuls nur wenig verstärkt wurden. Ehe jedoch diese neuen Impulse vorgenommen wurden, waren ihre *Decimente* einige Stunden hindurch beobachtet; dann wiederum, nachdem sie von neuem einen oder mehrere Impulse empfangen hatten und so öfter. Da nun ein magnetisirter Stab, schon nach einer Stunde, nachdem er etwa

seiner Kraft verloren hatte, einen fast constanten Zustand annimmt: so sollte man erwarten, daß der Magnetismus nunmehr so fest haften müßte, daß, wenn er durch Anlegen an einen Magneten auch etwas verstärkt wird, das Decrement allenfalls nur den geringen Gewinn treffen könnte, den es durch den neuen Impuls erlangt haben mochte, aber keineswegs die ganze schon seit mehren Stunden in ihm befestigte magnetische Kraft. Aber so ist es nicht. Der Stab hat jetzt ein Decrement, das dem frühern nicht nachsteht, und sein Magnetismus zeigt keine höhere Festigkeit als bei der ersten Magnetisirung.

Man könnte glauben, daß durch den neuen Impuls, so gering auch seine endliche Wirkung seyn mochte, der gesammte magnetische Zustand des Stabes aufgeregt und erneuert wurde. Es würde dann auch die seltsame Erscheinung erklärt seyn, daß ein durch wiederholte Impulse zu seinem relativen Maximum gelangter Stab durch einen neuen Impuls, statt verstärkt zu werden, gar nicht selten geschwächt wird.

Die Stäbe, deren Decremente in den Tabellen mitgetheilt sind, waren alle so magnetisirt, daß der Indifferenzpunkt fast genau in der Mitte lag, indem die kleineren Stäbe symmetrisch an die Lamelle gelegt waren und die Stäbe von 150 Millim. entweder durch galvanische Spiralen oder auf gewöhnliche Weise durch Streichen an einem kräftigen Magneten magnetisirt waren. Um das Verhalten von Stäben, in denen der Magnetismus sehr ungleich vertheilt war, kennen zu lernen, wurden einige 200 oder 250 Millim. lange Stäbe von derselben Stahlart und Dicke wie die kleinern mit einem Ende an den Nord-Arm des Magneten in dessen Verlängerung gelegt, nachher mit dem andern Ende eben so an den Süd-Arm. Wurde dieses öfter wiederholt, so gelangt der Stab zu einem constanten Maximum, mit dem Indifferenzpunkt in der Mitte. Aber anfangs war er ungleichförmig magnetisirt.

		Nach 1 Tage	Decrement
Mit einem Ende	3,73	3,46	0,072;
mit dem andern Ende	1,97	1,83	071;
Mittel-Werth	2,85	2,64	072.

Ein 250 Millim. langer Stab gab unter ähnlichen Umständen

		Nach 2½ Stunden	Decremente
mit einem Ende	6,18	5,24	0,152;
mit dem andern Ende	2,50	2,13	148;
Mittel-Werth	4,34	3,68	150.

Die Kräfte, je nachdem man das dem Indifferenzpunkte nähere oder fernere Ende dem Spiegel darbot, verhielten sich wie 1,9 im ersten und 2,5 im zweiten Versuche. Man hätte glauben können, daß die stärkern einen verhältnißmäßsig größern Verlust hätten erleiden und der Magnetismus sich einer normalen Vertheilung hätte nähern müssen. Aber dieses war der Fall nicht; die Decremente waren dieselben.

Die ungewöhnliche Gröfse der Decremente, welche in dem ersten Beispiele das vierfache, in dem zweiten das sieben- bis achtfache der normalen ist, hat sich in allen Versuchen, die in dieser Weise angestellt wurden, bestätigt. Sie rührt vermuthlich von der Ausbreitung der magnetischen Spannung von den unmittelbar erregten Enden nach der Mitte hin her, wodurch natürlich die Gesamtheit der magnetischen Theile sich von dem Spiegel etwas entfernen und deshalb schwächer wirken mußte. Auch diese Thätigkeit ist also der Kraft proportional.

Die Veränderung der Capacität für Magnetismus.

Daß die Temperatur, daß Biegung und dergleichen das magnetische Moment, welches ein Stahlstück annehmen kann, verändern, ist bekannt. Aber diese Fähigkeit kann auch ohne Temperatur und Cohäsions-Einflüsse verändert werden.

Die Tabellen enthalten mehrere Beispiele von Stäben, welche die gesammte magnetische Kraft, die sie durch die

rasche Wiederholung eines Impulses gewisser Art erreichen konnten, bereits besaßen, und dennoch nach einiger Zeit durch einen neuen Impuls eine höhere Intensität erlangten als es ihnen früher möglich war. Dieses konnte sogar mit demselben Stabe mehrmals wiederholt werden. Der Stab hatte also einige Zeit nach seiner ersten Magnetisirung die Fähigkeit erlangt einen stärkern Magnetismus anzunehmen als früher. Seine Capacität für Magnetismus war also größer geworden, und die Verluste, welche der Stab durch die Zeit und durch Erschütterungen erfahren hatte, wurden durch einen einzigen Impuls mehr als ersetzt.

Ein Stab No. 9 von 50 Millim. Länge, *blau angelassen*, hatte durch wiederholtes Anlegen an die Lamelle ein Maximum erlangt, das ich $= 1$ setzen will. Nach 24 Stunden war die Kraft um 0,022 gesunken. An die Lamelle gelegt wurde ein Maximum von 1,034 erlangt und so einige Tage hindurch fortgefahren. Es ergaben sich an den auf einander folgenden Tagen die Werthe:

1,000 1,034 1,046 1,062 1,088 1,092 . . . 1,135
der letzte Werth ist 5 Tage nach dem vorletzten gefunden.

No. 13 von 50 Millim. Länge, *hart*, ganz ebenso behandelt, und jeden Tag so oft angelegt, bis ein Maximum eintrat, was jedoch hier, wie bei den übrigen betrachteten Stäben in der Regel schon nach dem ersten Anlegen bis auf eine verschwindende Größe geschah, gab die Verhältnisse der Zunahme der Capacität:

1,000 1,090 1,149 1,158 1,166 1,180 . . . 1,186.

In No. 10 von 79 Millim. Länge, *blau angelassen*, stieg die Capacität für Magnetismus in 22 Tagen auf 1,341 der anfänglichen.

Stab No. 7 von 79 Millim. Länge, *blau angelassen*, hatte durch Anlegen an die Lamelle ein Maximum $= 1,000$ erlangt. Nach 13 Minuten wiederum angelegt, hatte er das Maximum von 1,083. Das Anlegen nach 30 Stunden wiederholt $= 1,115$.

Stab No. 13 von 79 Millim. Länge, *blau angelassen*, hatte an auf einander folgenden Tagen die Maxima:

1,000 1,082 1,106 1,144 1,157 1,182 1,202(*) 1,210 1,218
Zwischen den durch (*) getrennten Angaben waren drei Tage verfloßen.

Stab No. 14 von 79 Millim., *blau angelaufen*, gab die Maxima nach Intervallen von 24 Stunden:

1,000 1,033 1,093 1,137 1,147 1,148 1,165 1,180 1,209

Stab No. 9 von 79 Millim. Länge, *glashart*, Maximum 1,000, stieg nach 24 Stunden durch *einen* Impuls, der durch Wiederholung verstärkt wurde, auf 1,037. Zwei andere Impulse, 1 und 2 Tage später, ergaben 1,115 und 1,124.

Stab No. 4 von 100 Millim. Länge, *weich*, hatte das Maximum = 1,000, nach 24 Stunden dagegen 1,031.

Diese Angaben sind zwar quantitativ sehr verschieden, bestätigen aber die Zunahme der Capacität für Magnetismus und zwar in einer Weise, welche den Einfluß der Härte und der Dimension in sehr enge Grenzen verweist, wenn er überhaupt vorhanden ist.

Es ist nicht zu übersehen, daß die Beobachtungen an zehn und mehr auf einander folgenden Tagen zwar für eine Abnahme in dem Gange der Differenzen zu sprechen scheinen, sich aber trotz ihrer Anzahl einem Maximum nur sehr langsam nähern.

Im magnetischen Stahlstabe geht also eine doppelte Veränderung vor. Der vorhandene Magnetismus wird schwächer, aber wenn Erschütterungen vermieden werden, nur um $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{60}$ des Ganzen; aber zugleich wird der zurückbleibende Magnetismus fester, so daß er einer neuen Erregung einen geringeren Widerstand leistet.

In allen diesen Fällen ist jedoch nicht die Sättigung beobachtet, die man durch einen starken Magneten hervorbringen kann, sondern nur die relative, welche durch die Wiederholung einer gewissen Art von Impulsen erreicht werden kann, und es ist wahrscheinlich, daß absolut gesättigte Stäbe sich anders verhalten. Versuche sind jedoch, wegen der Erschütterung, die sehr starke Magnete beim Anlegen und Abreißen in den Stahlstäben hervorbringen, bis jetzt nicht gemacht worden.

Dafs übrigens stark gesättigte Stäbe ähnlicher Veränderungen fähig sind, geht aus den Erfahrungen mit Stabmagneten hervor, deren Tragkraft und also auch das magnetische Moment zunimmt, so lange der Anker vorliegt, was sich aber, wenn der Anker abgerissen wird, grösstentheils wieder verliert. Indessen sind genaue Beobachtungen auch über diese Erscheinung noch nicht angestellt worden. Es steht auch nicht fest, dafs diese Magnete in der That vollkommen gesättigt waren.

Ueber die Wirkung der Anker.

Ein magnetisirter Stabstabs, der in den vorübergehenden Versuchen angewendet war, wurde vor den Stahl-Spiegel so gelegt, dafs sein Mittelpunkt etwa 300 Millim. davon entfernt war und seine Längen-Axe und das Centrum des Spiegels in eine gerade, auf den magnetischen Meridian perpendiculäre Linie fielen. In die Verlängerung des Stabes und in Berührung mit ihm kam ein weicher Eisenstab zu liegen. Wenn der Anker zwischen Magnetstab und Spiegel lag, so wurde er durch die Wirkung des Stabes selbst vorübergehend zu einem Magneten und lenkte den Spiegel weit stärker ab, als der entferntere Magnet es für sich allein vermocht hätte.

In den folgenden Versuchen hatte jedoch der Anker die entgegengesetzte Stellung, an dem dem Spiegel abgewendeten Ende des Stabes, der, wenn auch der Anker gewechselt wurde, in seiner Lage keine Veränderung erlitt. Ich hoffte, dafs die Wechselwirkung von Anker und Magnet diesen so langsam verändern würde, dafs das Gesetz der Veränderung sich in einer Function der Zeit würde bestimmen lassen. Sie war jedoch hier nicht schneller, als wenn der Magnetstab allein vor dem Spiegel lag. Aber die Intensität der Wirkung veränderte sich je nach der Beschaffenheit der Anker in einer Weise, die kurz mitgetheilt werden mag, obgleich die Untersuchung noch nicht beendigt ist.

Die Anker hatten verschiedene Dimensionen:

- a) Rechtwinklige Stäbe $47\frac{1}{2}$ Millim. lang, 20 und 10 Millim. breit und dick.
 b) Rechtwinklige Stäbe 195 Millim. lang, 30 und 10 Millim. breit und dick.
 c) Cylindrische Stäbe 190 Millim. lang, 30 und 10 Millim. Durchmesser.

Es wurde bald ein Anker, bald wurden ihrer zwei oder drei angelegt. Die magnetische Intensität der angewendeten Stahlstäbe, wenn sie ohne Anker, aber in derselben Entfernung lagen, oder wie früher auf 100 Millim. Entfernung vom Mittelpunkt des Stabes bis zum Spiegel reducirt, war bei einem Stabe von 50 Millim. Länge No. 9 bl. ang. 49,4

do.	do.	No. 3 bl. ang.	75,5
do.	do.	No. 4 bl. ang.	71,0
do.	do.	No. 14 glashart	65,9
do.	79 Millim. Länge	No. 14 bl. ang.	103,0
do.	200	No. 1 bl. ang.	68,8.

Die Zahlen in den folgenden Angaben sind die von der Combination des Magnets und Ankers entwickelte Kraft, die des Stabes, wenn er allein war, = 1 gesetzt.

50 Millim. lange Stäbe.

No. 9 mit <i>b</i>	= 2,77	No. 14 mit <i>a</i>	= 2,02
mit <i>a</i> und <i>b</i>	= 2,88	mit <i>a</i> und <i>a</i>	= 2,45
No. 3 mit <i>c</i>	= 2,73	mit <i>b</i>	= 2,77
mit <i>a</i> und <i>c</i>	= 2,88	mit <i>c</i>	= 2,79
mit <i>c</i> und <i>c</i>	= 2,88	mit <i>a</i> und <i>c</i>	= 2,94
mit <i>c</i> , <i>c</i> und <i>a</i>	= 2,91	mit <i>a</i> , <i>a</i> u. <i>c</i>	= 3,05
No. 4 mit <i>b</i>	= 2,76	mit <i>c</i> und <i>c</i>	= 3,14
mit <i>c</i>	= 2,75.		

Der 79 Millim. lange Stab gab mit Anker *a* = 1,53.

Der 200 Millim. lange Stab gab mit Anker *a* = 1,35

b = 2,11

c = 1,80.

So unvollständig diese Beobachtungen auch sind, so ergibt sich daraus, daß die Kraft der Magnetstäbe durch die Anker beträchtlich verstärkt wird; daß die Wirkung mit der Verlängerung und Vermehrung der Anker steigt,

dafs aber der Einflufs der Länge sich einem Maximum nähert, welches bei dem kürzesten Stabe mehr als das dreifache der Kraft beträgt, welche der Stab für sich allein besitzt.

Die Härte und der Grad der Sättigung üben keinen merklichen Einflufs aus.

Der Einflufs der Dimensionen zeigt sich in der beträchtlich geringern Wirkung der längeren Stäbe. Der Stab von 200 Millim. Länge ist wegen der Unsymmetrie der magnetischen Vertheilung in ihm weniger zu berücksichtigen. Aber die Wirkung des Ankers auf den Stab von 79 Millim. Länge, welche nur 1,53 beträgt, während die entsprechende des Stabes von 50 Millim. = 2,02 ist, zeigt deutlich den Einflufs der Länge.

Wurde der Anker entfernt, so hatten alle Stäbe, wenn die Berührung nicht über einige Minuten gedauert hatte, fast genau den frühern Zustand wieder erlangt. Bei längerem Anliegen schien eine geringe Verstärkung eingetreten zu seyn, die sich auch schon während des Liegens nachweisen liefs. Jedoch sind die Versuche darüber noch nicht entscheidend.

Die Ursache dieser grofsen Vermehrung des magnetischen Momentes liegt unstreitig nicht in der Vermehrung der freien magnetischen Kraft selbst, sondern nur in ihrer Vertheilung. Durch das Vorlegen von Ankern kann das Grundgesetz des Magnetismus, nämlich die Gleichheit der magnetischen Nord- und Südkräfte, nicht verändert werden. Aber auch jede dieser Kräfte für sich genommen wird nicht verändert. Wenn z. B. der Anker an das Südende des Magnets gelegt wird, so wird der Nord-Magnetismus an der Berührungsstelle theilweis gebunden und der freie Süd-Magnetismus von dem dem Spiegel zugekehrten Nordende entfernt. Das System von Anker und Magnet, obgleich mit derselben magnetischen Kraft begabt, hat also einen grofsen Theil seines freien Magnetismus in gröfserer Entfernung vom Spiegel als der Stab allein und wirkt daher stärker mit seinem Nordende.

Es ist daher auffallend, obgleich nicht im Widerspruch damit, daß ein Magnetstab, den an einem Ende ein Anker vorliegt, mit dem andern Ende einen Anker anfangs weit weniger stark anzieht, bis er nach einiger Zeit, besonders nach einiger Erschütterung, wieder seine normale Vertheilung angenommen hat. Ueberhaupt haben mehrere seltsame Erscheinungen an den Ankern der Stahl- und Elektromagnete ihre Erklärung bisher noch nicht gefunden.

Magnetismus und Cohäsion.

In einem kräftigen Elektromagneten nimmt man beim Oeffnen und Schließen der Spirale Erschütterungen wahr, die man fühlen und hören kann. Unter minder günstigen Umständen ist dieses zwar der Fall nicht. Man kann aber nicht füglich bezweifeln, daß die Ursache, aus welcher diese stärkeren Erschütterungen hervorgehen, sich auch bei schwächern magnetischen Processen finden werden, wenn sie auch für unsere Hülfsmittel nicht wahrnehmbar sind und daß überhaupt zwischen den Veränderungen der Polarität, oder wie wir sagen können, der Bewegung der *magnetischen* Theile und derjenigen der *materiellen* Theile ein naher Zusammenhang stattfindet. Dieses wird auch noch durch andere Beziehungen von Magnetismus und Cohäsion bestätigt.

Alle Eigenschaften des Eisens, welche der Bewegung der materiellen Theile förderlich sind, sind es auch der Ausbildung der Polarität. Die kleinen, der Masse nach unbedeutenden Beimengungen, welche dem Eisen, wie den anderen Metallen die Beweglichkeit nehmen, wirken in gleicher Weise hemmend auf die Veränderungen der magnetischen Polarität. Die Coërcitiv-Kraft ist im Wesentlichen an dieselben Bedingungen gebunden, wie die Härte und die Festigkeit. Man muß jedoch, wenn man nicht durch widersprechende Beobachtungen getäuscht seyn will, berücksichtigen, daß ein Körper in der einen Richtung hart oder spröde, in der andern ganz wohl weich seyn kann.

Was die Beweglichkeit der materiellen Theile erhöht, erhöht auch die der magnetischen. Abkühlung und Erwär-

nung wirken auf beide in gleicher Weise. Durch Erschütterungen wird der dem Magneten anliegende Stahlstab stärker magnetisch, und vom Magneten entfernt verliert er einen Theil seines Magnetismus leichter. In beiden Fällen wird ganz wie bei mechanischen Kräften das Eintreten der ihnen entsprechenden Bewegungen und also die Herstellung des stabilen Gleichgewichts durch die Erschütterung erleichtert.

Zu diesen Analogieen tritt noch die *molecular Bewegung*, eine zwar nur selten wissenschaftlich beobachtete, aber dennoch sehr verbreitete Erscheinung der festen Körper. Denn Krystalle und vielleicht Krystall-Aggregate ausgenommen, ist keiner dieser Körper in einem vollständig stabilen Zustande. Ein stabiler Zustand ist nur da möglich, wo nicht nur der Körper als Ganzes gegen fremde Kräfte im Gleichgewicht ist, sondern auch jeder seiner Theile es für sich ist, wo z. B. ein aus der Masse gelöster Würfel seine Gestalt nicht verändern würde. Aber in diesem normalen Zustande befinden sich nur sehr wenige Körper. Bei den Glas- und Stahlstücken, die zerbrochen werden, passen die Fragmente niemals vollkommen auf einander und wo es, wie beim Glase, optische Mittel giebt, das Daseyn eines gespannten Zustandes zu entdecken, ist dieser nur sehr selten vergeblich gesucht worden.

Die aus dem Streben nach diesem Gleichgewichte hervorgehenden Bewegungen sind zwar in der Regel sehr klein, weil die Kräfte, die hier thätig sind, in sehr mannigfaltigen Richtungen auseinandergehen; und zuweilen läßt sich die Wirkung nur nach langen Zeiträumen, oder durch Vermittelung einer höheren Temperatur wahrnehmen. Aber was in einem Jahrzehnt deutlich wird, muß schon in einer Minute eine gewisse Wirkung hervorbringen.

Am raschesten tritt diese *molecular Bewegung* der materiellen Theile in Fäden oder Drähten auf. Durch irgend eine Kraft, die nur kein Zerreißen hervorbringen darf, gedehnt, gebogen oder gedreht nehmen sie, wenn sie dieser nur ein Moment ausgesetzt waren, ihren früheren Zustand fast

vollständig wieder an. Dauert jedoch diese Spannung länger, so wird ein Theil der durch die fremde Kraft hervorgerufenen Veränderung bleibend; sie wird sogleich durch eine neue, ihr entsprechende Spannung ersetzt, und dieser Proceß schreitet so lange vor, bis der Draht entweder zerissen ist, oder einen härtern, den Veränderungen besser widerstehenden Zustand angenommen hat.

Wird die fremde Kraft entfernt, so geht die von ihr abhängige und ihr gewöhnlich fast proportionale Drehung sogleich verloren. Dann aber setzt der Draht langsam die Veränderung in derselben Richtung fort und nähert sich dadurch seinem frühern Zustande.

Die Körper nehmen also fremden Kräften gegenüber zwei Arten von Bewegungen an, die, obgleich auf denselben Cohäsions-Kräften beruhend, dennoch in sehr ungleicher Weise auftreten. Die *eine* Art, welche auf der *Elasticität* beruht, geht aus dem Streben hervor, sich mit den äußeren Kräften in Gleichgewicht zu setzen, und besteht, da alle partielle Spannungen im Körper, auch ohne parallel zu seyn, sich zu einer Totalrichtung summiren, in einer starken, die Gleichgewichtslage schnell erreichenden und dieselbe oft überschreitenden Bewegung.

Bei den Bewegungen *zweiter* Art sucht jeder Theil des Körpers für sich in Gleichgewicht zu kommen. Jene Gemeinsamkeit des Zieles findet nicht statt, die Resultante sämtlicher hierzu gehörigen partiellen Spannungen ist daher klein und die Geschwindigkeit fast ohne Ausnahme sehr gering im Verhältniß zu derjenigen, welche aus der Elasticität hervorgehen. Diese zweite Art umfaßt die eigentlichen *molecularen* Bewegungen.

Aber ganz dieselben Erscheinungen, welche hier unter dem Einfluß der mechanischen Kräfte auftreten, werden im Gebiete des Magnetismus durch magnetische Kräfte hervorgerufen. Wie bei der Elasticität, so lange die Wirkung nicht bleibend ist, ist auch bei dem Magnetismus der veränderliche Theil der Polarität fast momentan, sowohl in

seinem Entstehen als Verschwinden. Das weiche Eisen, welches an einen Magneten oder in eine Spirale gebracht wird, der Magnetstab, dem ein Anker anliegt (oben S. 87), beide erlangen ihre volle magnetische Kraft in einem bis jetzt noch nicht gemessenen Zeitraum und verlieren sie eben so schnell wieder, wenn der erregende Körper entfernt wird.

Zu dieser schnellen, an die Elasticität erinnernden Thätigkeit gesellt sich nun die zweite, sehr langsame, welche der molecularen analog ist. Der einem Magneten anliegende Stahlstab nimmt je nach der Dauer dieser Anlage an Intensität zu, und der von der Spirale oder dem Magneten abgenommene Stab verliert allmählich einen Theil seiner Kraft. Aber diese Veränderungen sind sehr träge und im Vergleich zu der ersten auch nur schwach. Wenn man annimmt, daß die Veränderung der magnetischen Polarität bloß in der Drehung von Theilchen bestehe, in denen die Pole eine feste Lage haben, so beruhen diese magnetischen Veränderungen auf einer wahren Molecular-Bewegung.

Die Analogie ist jedoch in zwei Punkten nicht vollständig, nämlich in der *Intensität*, mit welcher in einem Magnetstab, während seines Verweilens an einem Magneten oder einer Spirale, eine bleibende magnetische Veränderung hervorgebracht wird, und in der *Schnelligkeit* mit der dieses geschieht. Ein Moment reicht hin, dem Stabe $\frac{1}{3}$ der ganzen magnetischen Kraft zu geben, die er überhaupt durch wiederholtes Anlegen erlangen kann. Bei mechanischen Kräften findet nichts ähnliches statt, die Veränderungen sind bei momentaner Wirkung in der Regel fast Null und auch bei einer länger dauernden Wirkung weit kleiner und von der Dauer der Einwirkung der fremden Kraft abhängig.

Eine solche in einem Moment entstandene und dennoch andauernde Wirkung in dem Gebiete des Magnetismus ist bloß bei der *Induction* bekannt. Diese ist zwar bis jetzt nur da beobachtet, wo ein Leiter anwesend ist, in welchem ein elektrischer Strom entweder schon entstanden ist, oder

noch entstehen kann, und die bekannten Gesetze der Induction, auch wenn man von der Ansicht ausgeht, daß der Magnetismus in der Rotation eines elektrischen Fluidums bestehe, reichen nicht hin um dadurch die Entstehung der magnetischen Polaritäten durch Magnete zu erklären. Indessen hat nach der Analogie zwischen elektrischen Strömen und der magnetischen Polarität eine solche Wirkung auch da nichts unwahrscheinliches, wo zwei Magnete oder ein Magnet und ein Eisen- oder Stahlstab in Wechselwirkung treten.

Nehmen wir nun vorläufig an, daß es bei der Annäherung eines Stahlstabes an einen Magneten oder eine Spirale ein der Induction ähnlicher Proceß sey, welcher die Polarität im Stabe hervorbringt: so würde bei der Entfernung des Stabes vom Magneten oder der Spirale eine entgegengesetzte Polarität eintreten müssen. Diese würde in einem Stabe, in welchem die Theilchen keine bestimmte Lage angenommen haben, eben so groß seyn, wie die erste Polarität. Aber der Stab hat sich beträchtlich verändert, die magnetischen Theilchen liegen nicht mehr indifferent nach allen Richtungen hin, sie haben sich der polaren Lage, welche der Magnet inducirt hat, mehr oder weniger zugekehrt und die neue Induction kann sie daher nicht wieder in die frühere Lage zurückbringen, so daß nach der Entfernung vom Magnet die zuerst erregte Polarität theilweise erhalten bleibt.

Es erklärt sich nach dieser Annahme leicht, daß ein so magnetisirter Stab durch eine entgegengesetzte Polarisation niemals so stark wird, wie durch die erste, ja sogar, daß man bei öfterem Wechsel beider entgegengesetzten Magnetisirungen zwar die Pole verwechselt, aber nach der zweiten oder vierten Magnetisation die Polarität niemals so kräftig machen kann, wie nach der ersten, dritten oder fünften.

Es lassen sich auf diese Weise noch andere Erscheinungen, sowohl beim Stahl- als beim Elektromagneten aus weichem Eisen erklären, z. B. die Decremente bei neu angelegten Stäben (oben S. 81) und mehrerer Anomalien in der Thätigkeit der Anker. Ich behalte mir dieses auf eine

Zeit vor, wo ich eine Fortsetzung des experimentellen Theiles dieser Arbeit werde liefern können. Manches bleibt allerdings noch dunkel. Man würde vieles anscheinend leichter erklären können, wenn man die Polarität eines Stahl- oder Eisenstabes nicht blofs auf die Lage der elementaren Magnete, aus denen sie bestehen sollen, zurückführt, sondern auch noch eine Verschiedenheit in der Intensität dieser Theilchen annehmen wollte. Man würde jedoch eines scheinbaren Gewinnes wegen den Hauptvorzug der Hypothese, ihre Einfachheit, aufopfern.

Man kann sich demnach den Magnetisations-Procefs des Stahls durch einen Magneten oder eine Spirale folgendermassen vorstellen:

Bei dem Anlegen des Stabes an den Magneten findet eine kräftige Induction statt, welche die Theilchen, so weit es ihre Verbindung mit den übrigen (ihr Coërcitiv-Vermögen) erlaubt, so wendet, dafs ihre Axen von nun an einen kleineren Winkel mit der Kraftlinie des Magneten machen, wie früher. Die Induction selbst hört, so wie der Stab in Ruhe ist zwar auf, aber ein Theil seiner Wirkung dauert, so lange der Stab seine Lage behält unverändert fort. Die magnetische Polarität wird sogar durch die moleculare Bewegung der magnetischen Theile noch um ein Geringes verstärkt. Wird der Stahlstab nun abgenommen, so tritt eine neue Induction in entgegengesetzter Richtung ein, welche die frühere Wirkung wohl vermindern aber nicht ganz aufheben kann, und auch dieses setzt sich nachher eine Zeitlang in einer molecularen Bewegung der magnetischen Theile, aber mit geringer Intensität fort.

Zum Schlufs will ich noch an den gewichtigen Umstand erinnern, dafs zwischen den materiellen Theilen, deren Drehung die Ursache aller magnetischen Erscheinungen ist, also zwischen den elementaren Magneten und den molecularen Krystallen gar keine Verbindung nachzuweisen ist. Das Eisen und der Magnet-Eisenstein krystallisiren tesseral, jener mit würfliger, dieser mit octaëdrischer Grundform; der Magnetkies ist hexagonal, alle drei ohne das geringste

Zeichen einer Hemiëdrie, welche man als die Ursache der magnetischen Polarität ansehen könnte. Unter den paramagnetischen Stoffen gibt es auch flüssige und gasförmige. Aber solche Räthsel findet man überall, wo man an das Gebiet der Molecüle herantritt.

IV. *Ueber den Agat; von E. Reusch.*

Der Agat gehört, nach den Krystallen, sicher zu den reizendsten Gebilden des Mineralreichs. Seit unvordenklicher Zeit bekannt und geschätzt, in großen Quantitäten noch heute verarbeitet und in allen Sammlungen durch die mannigfaltigsten Prachtstücke vertreten, hat dieses Mineral die Aufmerksamkeit der Physiker und Geologen doch nicht in dem Grade auf sich zu lenken vermocht, wie es die Schönheit der Objecte und die Eigenthümlichkeit der optischen Eigenschaften vielleicht verdiente. Als Sir D. Brewster ¹⁾, bald nach Entdeckung der Polarisation des Lichts, am durchsichtigen Agate schöne Farbenerscheinungen und namentlich polarisirende Eigenschaften von großer Eigenthümlichkeit fand, schien ihm dieser merkwürdige Körper dazu bestimmt, uns in die eigentlichen Mysterien der physikalischen Optik einzuführen. Einen Theil des Zaubers hat nun Brewster viel später dadurch gelöst, daß er, auf Fraunhofer's Entdeckungen fußend, nachwies, daß wenigstens die Farben des irisirenden Agats ihren Grund haben in einer außerordentlichen Feinheit der Streifen oder Adern ²⁾; auf die sonstigen, allen Agaten wesentlich zukommenden optischen Eigenschaften ist aber meines Wissens Brewster nicht zurückgekommen. Einen erheblichen Fortschritt im Verständniß der aus amorpher Kieselerde bestehenden Mineralien, welche eine Schichtung zeigen,

1) *Philosoph. Transact.* 1813 und 1814.

2) Diese *Ann.* Bd. LXI, S. 134—138; 1844.

verdanken wir Max Schultze, welcher in seiner Untersuchung über die Structur der Diatomeenschale¹⁾ eine auf diese Schichtung zurückführbare Doppelbrechung dieser Stoffe, sowohl an Schliffen derselben als an künstlichen Präparaten von analoger Structur, nachgewiesen hat. Ich bin durch Hrn. Prof. Valentin auf diese werthvolle Arbeit aufmerksam gemacht worden. Diese von inneren Spannungen herrührende Doppelbrechung in Verbindung mit dem Umstand, daß diese Mineralien eine zu der Schichtung senkrechte Durchsplitterung zeigen, führt, wie ich im Folgenden nachzuweisen suchen werde, zu einer genügenden Einsicht in das optische Verhalten der Agate.

Während meines längeren Umgangs mit dem Agat hat sich mir die Frage nach der Entstehungsweise dieses Minerals so unwillkürlich dargeboten, daß ich versucht habe, sie zu lösen. Die durch unmittelbare Anschauung hierüber gewonnene Ansicht habe ich später, nachdem mir durch College Quenstedt die einschlägige Literatur, namentlich Nöggerath's Sendschreiben an W. Haidinger »Ueber die Achatmandeln in den Melaphyren«²⁾ bekannt geworden war, weiter auszubilden gesucht und werde mir erlauben, dieselbe nach Besprechung der optischen Eigenschaften des Agats auseinanderzusetzen. Das Material zu meinen Untersuchungen verdanke ich theils verschiedenen Freunden, theils der hiesigen Mineraliensammlung, namentlich aber der Liberalität des Hrn. August Veek in Idar, der mir auf ein Schreiben an Hrn. Oberförster Tischbein eine beträchtliche Anzahl sehr charakteristischer brasilianischer und obersteiner Agats zur Verfügung stellte. Die Präparate habe ich zum größern Theil aus passenden Splintern, die sich beim Zerschlagen ergaben, vielfach aber auch mit nicht geringer Mühe aus dickeren Schlagstücken selbst geschliffen.

1) Verhandlungen des naturhist. Vereins d. pr. Rheinlande. Jahrgang XX, S. 14

2) Aus den naturw. Abhandlungen, gesammelt und herausgegeben von W. Haidinger. III. Band erste Abth. S. 93.

Die optischen Eigenschaften des Agats.

§. 1.

Die Agate, von welchen zunächst die Rede seyn wird, gehören zu der, wie es scheint, sehr häufig vorkommenden Varietät des gestreiften Chalcedons, welche ein bläuliches Licht reflectirt, ein gelbliches opalisirendes Licht durchläßt, und in dünnen senkrecht zu den Schalen geschnittenen Platten oft einen hohen Grad von Durchsichtigkeit zeigt. Die Schalen regelmäfsig gebildeter Agate können im Allgemeinen als ein System äquidistanter Flächen angesehen werden, wobei sehr häufig die aufeinanderfolgenden Schichten sich durch regelmäfsigen Wechsel im Grade der Färbung und Durchsichtigkeit unterscheiden. Die Dicke der einzelnen Schichten ist an demselben Stücke und von Stück zu Stück sehr veränderlich und scheint von 1^{mm} und mehr bis zu der äußersten Feinheit herab wechseln zu können. Die Messungen Brewster's an irisirenden Agaten führen auf Dicken von 0,00046 bis 0,0015^{mm}. Die Leichtigkeit, mit der die Schichten als gesonderte Züge erkannt werden, ist bedingt theils durch den erwähnten Farbenwechsel, theils durch physikalische Verschiedenheit der angrenzenden Schichten, vermöge deren insbesondere das Brechungsvermögen sich sprungweise zu ändern scheint. Wo diese Kennzeichen fehlen oder wenig entwickelt sind, hat man oft Mühe sich vom Vorhandenseyn der Schichtung zu überzeugen. Die physikalischen Verschiedenheiten benachbarter Schichten anlangend, so sieht man häufig auf einem rohen Bruch Linienzüge, die sich durch ein höheres Reflexionsvermögen vor den benachbarten matten Streifen auszeichnen; beide entsprechen der Schichtung. An einem Stück brasilianischen Agats, dessen Schichtung schwer zu erkennen war, habe ich auf einem zu den Schalen senkrechten Schliffe vor dem Poliren auf der fein matten Fläche Beugungsspectra beobachtet, deren Messung auf eine Dicke der Schalen von 1,13^{mm} führte; die Spectren waren auf der polirten Fläche nicht mehr sichtbar und rührten sicher von einem Wechsel härterer und weicherer Schichten her, deren Un-

gleichheit durch den Act des Polirens verwischt war. Manchmal sieht man die Trennungsfläche zweier Schichten als einen glänzenden sprungartigen Zug, was entweder mit Absonderung parallel den Schalen oder mit einer erheblichen Differenz im Brechungsvermögen zusammenhängt, und wahrscheinlich verdankt der irisirende Agat seine Schönheit dem Umstande, daß hier eine stark entwickelte tangentielle Absonderung oder ein regelmäsig wiederkehrender Wechsel des Brechungsvermögens zusammentrifft mit sehr kleiner und sehr constanter Dicke der Schalen.

Die Durchsichtigkeit einer Agatplatte hängt wesentlich ab von der Orientirung der angeschliffenen Flächen.

Radialschliffe, d. h. planparallele Platten, deren polirte Flächen zu den Schalen senkrecht stehen, zeigen den größtmöglichen Grad von Durchsichtigkeit, dagegen sind *Tangentialschliffe*, deren Flächen mit den Schalen möglichst zusammenfallen, selbst bei ganz farblosen Stücken, *allezeit matt und trüb*. Durch eine Platte brasilianischen Agats von 0,4^{mm} Dicke, welche dicht ans Auge gehalten wurde, konnte ich bei normaler Incidenz die Sprossen eines hellbeleuchteten Fensters nicht erkennen; eine gleich dicke Platte des viel feiner organisirten obersteiner Agats zeigte die Umrisse des Fensters schon ziemlich deutlich. Neigt man die Platte gegen das einfallende Licht, so tritt beim brasilianischen Agat einige, beim obersteiner eine sehr merkwürdige Klärung der Umrisse ein. Unter dem Mikroskope macht ein solcher Tangentialschliff den Effect von Papier, dessen Filz man durch eine schwache Lupe betrachtet. Im polarisirenden Mikroskop tritt in jedem Azimuth der Platte Aufhellung des Sehfeldes und somit Depolarisation ein.

Bemerkenswerth ist noch eine traubige, wolkige Absonderung, ohngefähr in der Richtung der Schalen verlaufend, die besonders an dickeren Tangentialschliffen oft schon mit bloßem Auge erkannt wird. Diese Absonderung ist wohl dieselbe, die man oft an der äußeren Fläche von Agatmandeln als narbige Stellen in meist verwittertem Zustande findet. In Verbindung mit einer zweiten die Schalen senk-

recht durchbrechenden Absonderung, von der sogleich die Rede seyn wird, bildet diese tangentielle traubige Absonderung die Angriffspunkte für eine ins Innere fortschreitende Verwitterung des Agats.

§. 2.

Von besonderer Wichtigkeit für das Verständniß des Agats ist eine zu den Schalen senkrechte oder kürzer *radiale Durchsplitterung* der ganzen Masse. Mit ihr hängen manche Eigenthümlichkeiten des Agats zusammen: einmal spaltet und schleift sich derselbe in radialer Richtung leichter als in jeder anderen; dann hängt mit dieser Absonderung das Opalisiren zusammen, denn ohne Zweifel ist, wie bei allem Opalisiren, der bläuliche Farbton im reflectirten, und der gelbliche im durchgelassenen Licht, eine Mischung von Farben dünner Blättchen, welche wohl der ersten Ordnung angehören. Bei den brasilianischen Agaten scheint diese Splitterung namhaft gröber als bei denen von Oberstein, sie ist nicht an die Dicke der einzelnen Schalen gebunden, und man kann eine Absonderungsfläche oft durch viele Schichten verfolgen und dabei sehen, wie ihre Richtung von der radialen mehr oder weniger abweicht, wie sie sich krümmt und in der Weise eines Sprunges verläuft. In Verbindung mit dem fast immer vorhandenen Farbenwechsel der Schalen bewirkt diese Absonderung im durchgelassenen Lichte das eigenthümliche schwer zu beschreibende wellige oder gestrickte Aussehen vieler Agate, das Brewster in den *Philos. Trans.* 1814 Tab. V abzubilden versucht hat. Unter dem Mikroskope, welches immer nur die gerade in richtiger Einstellung befindlichen Absonderungen deutlich zeigt, verschwindet diese schöne Erscheinung ganz, während bei Betrachtung mit bloßem Auge oder einer schwachen Lupe gleichzeitig eine größere Anzahl hinter einander in verschiedener Orientirung stehende Absonderungsflächen gesehen werden, welche vermöge der auf ihnen fein angedeuteten Schichtenstreifung den mit der Stellung des Auges oder Agats veränderlichen Effect des Gestrickten, Welligen, Damascirten hervorbringen.

Hält man einen dünnen Radialschliff vertical, so in die Schweite, dafs vom Fenster Licht auf ihn fällt, aber dafs die Richtung nach der man ihn betrachtet auf dunkeln Hintergrund weist, so ist der bläuliche dioptrische Schiller im Maximum, wenn die Radialabsonderungen horizontal liegen, im Minimum wenn sie vertical stehen. Bietet die Platte starke Wechsel in Richtung und Krümmung der Adern dar, so hat diefs entsprechende Wechsel in der Richtung der Radialabsonderungen zur Folge; die Platte erscheint jen- und diefsseits gewisser Linien verschieden hell, und die Helligkeit ist mit der Orientirung der Platte veränderlich. Das Gesagte gilt für alle nicht irisirenden Agate; bei den irisirenden kommt aber Reflexion und Beugung an den Schalen hinzu, und gegen diese intensiven Erscheinungen tritt der schwache Schiller zurück.

Betrachtet man eine Lichtflamme durch einen Radialschliff, so sieht man aufser dem gewöhnlichen Bild der Flamme einen Nebelstreifen senkrecht zu den Radialabsonderungen, also in der Richtung der Adern verlaufend. Bei den brasilianischen Agaten durchsetzt der Nebelstreifen die Flamme und hat in deren Nähe die grösste Breite; ein braunrother Saum umgiebt denselben namentlich gegen die Enden hin; beim obersteiner Agat, dessen Radialsplitterung viel feiner und regelmässiger zu seyn scheint, divergiren von der Flamme zwei wohlbegrenzte Büschel von weifsllichem Lichte. Bei dünnen Schliffen ($0,5^{\text{mm}}$ und darunter) glaubt man oft Spuren von Beugungsspectren in dem Nebelstreifen zu erkennen; im ganzen ist jedenfalls diese so charakteristische Erscheinung als eine rohe von der Radialsplitterung herrührende Beugungserscheinung zu bezeichnen; sie ist von derselben Art, wenn auch nicht derselben Regelmässigkeit wie diejenige, welche man am schillernden Adular durch den zweiten Blätterbruch sieht und welche, wie ich gezeigt habe ¹⁾ von denselben Absonderungen herrührt, die auch den katoptrischen Schiller hervorbringen. Im Agat haben die radialen Absonderungen keine feste

¹⁾ Diese Ann. Bd. 118. S. 262 und 277.

Richtung gegen die angeschliffenen Flächen; daher das Diffuse der Beugungserscheinung.

Die Aderu eines Radialschliffs von 1 bis 1,5^{mm} Dicke, durch den man eine Flamme betrachtet, seyen horizontal: neigt man nun die Platte um eine horizontale Axe, so trübt sich das gewöhnliche Flammenbild und verschwindet bei einer gewissen Schiefstellung vollständig, während gleichzeitig der Nebelstreifen trüber und seine Färbung mehr röthlich wird. Bei einer Drehung der Platte um eine verticale Axe erleidet das Flammenbild keine merkliche Aenderung¹⁾. Brewster hat beobachtet, dafs bei der Drehung um eine horizontale Axe die Winkel, um welche die Platte von der verticalen Stellung aus in der einen und andern Richtung bis zum Verschwinden der Flamme gedreht werden mufs, verschieden sind; auch habe ich dasselbe gefunden. Da jedoch die Schliffe wohl nie genau senkrecht zu den Schalen sind, da ferner ein vollständiges Verschwinden der Flamme nur in dickeren Platten beobachtet werden kann, wo also die Richtung der Radialsplitterung durch die Dicke der Platte hindurch sich erheblich ändern kann, so vermuthe ich, dafs das Zusammenwirken dieser zwei Umstände die Verschiedenheit jener Neigungswinkel erklären könnte.

Aus dem Bisherigen ergibt sich, dafs der regelmässige Gang von Lichtstrahlen durch einen Agat um so mehr beeinträchtigt wird, je mehr die Strahlrichtung im Innern sich der Normalen der Schalen nähert, so dafs, wie schon in §. 1 gesagt wurde, Tangentialschliffe von mässiger Dicke gar kein regelmässig gebrochenes Licht durchlassen. Da nun in diesem extremen Falle die Vibrationen des eintretenden Lichts senkrecht sind zu den in allen möglichen Azimuthen liegenden Radialabsonderungen, so dürfte sich die Verhinderung des regelmässigen Lichtdurchgangs durch

1) Ich erinnere an die ganz analogen Wirkungen von polarisirenden Turmalinplatten und an die Folgerungen, welche Nörremberg daraus über die Schwingungen des polarisirten Licht gezogen hat. S. J. Müller Phys. I, S. 804.

die Annahme erklären, daß die Vibrationen selber gleich beim Eintritt regellose Reflectionen an den Absonderungen erleiden, in deren Folge der Agat von einem Chaos von Wellen durchzogen wird. Aus gleichem Grunde wird aber, auch eine Welle polarisirten Lichts, in welcher die Vibrationen senkrecht zu Radialabsonderungen geschehen, einen regelmäßigen Durchgang durch den Agat nicht finden können.

Schiefe Schliffe habe ich nicht besonders untersucht; die Resultate der Beobachtungen Brewster's in dieser Richtung enthalten jedoch, wie ich glaube, nichts, das sich nicht aus dem bisher Gesagten verstehen liefse.

§. 3.

Die polarisirenden Eigenschaften des Agats hat Brewster schon so vollkommen untersucht, daß es genügen wird, seine Resultate hier kurz zusammenzustellen:

1. Ein Radialschliff von etwa 1^{mm} Dicke kann in erträglicher Weise als polarisirendes oder analysirendes Medium dienen. Die Richtung senkrecht zu den Schalen entspricht der optischen Axe einer Turmalinplatte oder der kleinen Diagonale eines Nikols. Eine gehärtete Glasplatte zeigt das schwarze Kreuz, wenn die Schalen des analysirenden Agats senkrecht zur Reflexionsebene des polarisirenden Spiegels stehen.

2. Das regelmäßige Bild einer Flamme und der Nebelstreifen zeigen, mit Turmalinplatte oder Nikol geprüft, entgegengesetzte Polarisationszustände; ist das erste im Maximum, so ist der Nebelstreifen im Minimum, und wenn der letzte am dichtesten erscheint, ist das regelmäßige Bild verschwunden. Ein Glimmer- oder Gypsplättchen werde im gewöhnlichen Polarisationsinstrument mit Hülfe eines Nikols auf höchste Farbe in dunklem Feld z. B. roth gestellt und nun der Nikol durch einen Agat ersetzt, dessen Adern senkrecht zur Polarisationssebene des Spiegels stehen: das Plättchen erscheint ebenfalls roth, der Nebelstreifen aber grün, also complementär. Es ist passend das Plättchen

mit einem durchlöcherten Carton zu bedecken und durch ein aufgesetztes Rohr das Seitenlicht abzuhalten.

Brewster hat in richtigem Tacte geahnt, daß es sich hier um eine ganz eigenthümliche Art von Doppelbrechung handle; mit voller Bestimmtheit und klarer Einsicht in die bedingenden Ursachen hat dieß aber erst Max Schultze in seiner im Eingang citirten Schrift ausgesprochen.

Durch irgend eine der bekannten Methoden zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung einer Substanz erkennt man an jedem dünnen Radialschliff, daß die optische Elasticität senkrecht zu den Schalen, also in der Richtung, welche als optische Axe aufzufassen ist, größer ist als in der Richtung der Schalen. In Folge hiervon zerfällt eine Lichtwelle bei senkrechtem Eintritt in einen Radialschliff in zwei rechtwinklich polarisirte Wellen. In der einen erfolgen die Vibrationen senkrecht zu den Schalen oder parallel den Absonderungen, und einer regelmäßigen Transmission dieser Welle stehen keine Hindernisse im Wege; ein kleiner Theil des Lichts erfährt die beugende Wirkung der Radialabsonderungen: dieser Welle entspricht nothwendig das helle und ziemlich klare, mäßig umnebelte dioptrische Bild. In der anderen Welle stehen die Vibrationen senkrecht zu den Radialabsonderungen, eine regelmäßige Transmission ihrer Vibrationen ist nach dem Früheren unmöglich. Würden die Absonderungen nur wirken, wie im Glassatz, so könnten allerdings auch diese Vibrationen regelmäßig durchgelassen werden; so aber wirken sie auf den größten Theil dieser Welle wie ein unregelmäßiges Gitter, das Licht erfährt eine regellose Beugung in einer zu den Gitterstäben senkrechten Ebene und verbreitet sich dadurch zum größten Theil über einen gewissen Raum außerhalb des gewöhnlichen dioptrischen Bildes. Nach dem unter No. 1 dieses Paragraphen Gesagten fällt die Polarisationssebene des regelmäßig durch den Agat gehenden Lichts mit den Schalen zusammen; nach der eben gegebenen Erläuterung sind die Schwingungen dieses Lichts nothwendig senkrecht zu den Schalen: daher erfolgen über-

haupt die Schwingungen des polarisirten Lichts senkrecht zu der sogenannten Polarisationsebene. Der Agat führt somit zu demselben Resultate, zu dem ich auch durch die Gesamtheit meiner Beobachtungen über den Krystallschiller gelangt bin ¹⁾).

Es ist mir nicht unwahrscheinlich, daß die stark polarisirende Kraft mancher wenig gefärbter Turmaline auf einem ähnlichen Hergang beruht wie beim Agat. Aus Nörreberg's Nachlaß besitzt die hiesige Sammlung eine der Axe parallel geschliffene Platte, welche zwischen zwei bräunlichen Partien einen graulichen Streifen von 7^{mm} Breite enthält, der bei einer Dicke von 0,35^{mm} Dicke das Licht aufs Vollständigste polarisirt. Sieht man durch die Platte nach einer Flamme, so erkennt man deutlich einen feinen Nebelstreifen, der auf Absonderungen parallel der Axe hinweist. Die geringe Durchsichtigkeit der Turmaline nach der Axe erklärt sich wohl am einfachsten wie beim Agat durch Absonderungen parallel den hexagonalen Säulenflächen, welche obnein Spaltungsflächen sind ²⁾).

Ueber die Ursache der Doppelbrechung des Agats und ähnlicher Gebilde spricht sich Max Schultze auf S. 20 der oben citirten Schrift, sowie im Archiv für Anatomie und Physiologie von Reichert 1861, S. 238 u. f. so klar und bestimmt aus, daß ich es für überflüssig halte, hierauf an dieser Stelle näher einzugehen, während ich allerdings bei Besprechung der Entstehung der Agate Gelegenheit haben werde darauf zurückzukommen.

Die Entstehung des Agats.

§. 4.

Was dem geometrischen Auge bei Betrachtung regelmässiger Agate vor Allem entgegentritt, das ist der Umstand, daß die Gränzen der aufeinander folgenden Schichten im Allgemeinen als ein System äquidistanter Flächen eines oft sehr unregelmässigen Hohlraums erscheinen. Nun giebt es

1) Diese Ann. Bd. CXX, S. 117.

2) Des Cloizeaux, *Manuel de Minér.* p. 506.

einen technischen Proceß, das sogenannte *Stürzen*, durch welchen derartige Gebilde ohne große Mühe hergestellt werden können: gießt man nämlich geschmolzenes Wachs, Zinn, Zink ¹⁾ oder einen dünnen Gypsbrei ²⁾, oder noch besser Collodium in einen irgendwie gestalteten Hohlraum, läßt die Flüssigkeit überall im Innern herumlaufen und gießt den Ueberfluß aus, so bleibt von diesen Substanzen eine Schichte in Folge von Erstarren oder von Adhäsion an der inneren Wand hängen. Wiederholt man diesen Proceß mit Gypsbrei oder Collodium nach jedesmaligem Erstarren einer Schichte sehr oft in der Art, daß man abwechselnd verschieden gefärbte Masse anwendet, so erhält man endlich einen Körper, dessen Querschnitte Aehnlichkeit mit den Agaten darbieten. Je dünner und gleichförmiger die einzelnen Schichten sind, um so weniger werden die inneren Flächen von den geometrischen Aequidistanten des Hohlraums abweichen, während allerdings in der Natur dieses Processes liegt, daß in der Nähe scharfer Ecken und Kanten eine mit der Anzahl der Schichten zunehmende Abrundung der entsprechenden Ecken und Kanten der Aequidistanten, gleichsam eine Milderung der geometrischen Härte eintritt.

Ohne uns mit der Frage zu beschäftigen, durch welches dem Stürzen analoge Naturspiel die Agate entstanden seyn könnten, wollen wir zunächst sehen, wie sehr die Agate der Wirklichkeit einer Entstehungsweise, wie die eben beschriebene, entsprechen. Denken wir uns als Hohlraum einen recht einfachen, jedoch nicht kugelförmigen Raum, etwa ein Umdrehungsellipsoid, dessen Drehaxe mit der kleinen Axe bb' (Fig. 4 Taf. I) zusammenfällt; α, α' , β, β' seyen die Krümmungsmittelpunkte in den gleichnamigen Scheiteln der Meridianellipse. So lange nun der Abstand einer inneren Aequidistante kleiner ist als der kleinste Krümmungshalbmesser $\alpha\alpha$, so lange verlaufen die Aequidistanten in irgend einem Meridian als ellipsenähn-

1) Karmarsch, mech. Techn. 3. Aufl. S. 114, 115, 133.

2) Knapp, chem. Techn. I, S. 653.

liche Curven; sobald aber der Abstand gröfser als aa geworden ist, so erhält die geometrische Aequidistante vier Spitzen c, e, e', c' , welche auf der Evolute des Meridians liegen und es ist einleuchtend, dafs die Parteen $cic'e, eie'e$ bei der oben beschriebenen Entstehungsweise nicht zu Stande kommen, sondern dafs nur ein linsenförmiger Raum $idid'i$ übrig bleibt. Erinnert man sich aber, dafs alle Agate senkrecht zu den Schalen in der ganzen Masse aufs Feinste durchsplittert sind, so begreift man, dafs die ganze Strecke ai in einem dünnen Meridianschliffe optisch ausgezeichnet seyn mufs; an dieser Strecke treffen nämlich die Radialabsonderungen unter einem endlichen von α gegen 0, von 0° bis 180° wachsenden Winkel zusammen und hiermit hängen die Wechsel des dioptrischen Schillers zusammen, von denen schon in §. 2 die Rede war. An mehreren Schliffen von regelmäfsig gekrümmten obersteiner Mandeln habe ich die hier bezeichneten Erscheinungen beobachtet.

Bietet der ursprüngliche Hohlraum eine nach Innen oder Aufsen springende Kante dar, so liegen die entsprechenden Kanten der äquidistanten Flächen auf einer bestimmten krummen Fläche, welche ich *Kantenzug* nennen will; ein Radialschliff (Fig. 5 Taf. I) bildet dann eine Ecke z. B. a und einen *Eckenzug* ac dar; jen- und diesseits eines Kantenzugs findet dann, wegen des plötzlichen Wechsels in der Richtung der Radialabsonderung, in dünnen Platten ein wechselnder dioptrischer Schiller statt. Tritt eine zweite Ecke b hinzu, so kann der neue Eckenzug bc den ersten ac treffen; vom Durchschnittspunkt c an hört das Flächenstück (2) auf sich an der Bildung der Aequidistanten zu betheiligen, dagegen treffen sich jetzt die Aequidistanten der Flächen (1) und (3) direct und bilden einen eigenen Eckenzug cd , gleichsam den Stiel der Gabel acb . Jeder gröfsere Radialschliff, namentlich aber die prächtigen Regenbogenagate vom Weifselberge bei Oberkirchen, bieten reichliche Beispiele für das oben Gesagte. Bei einem (wahrscheinlich brasilianischen) Agate habe ich über dies auf

einem Schiffe fast nach allen Eckenzügen seine Sprünge beobachtet; dies deutet auf Sprünge längs den Kantenzügen, welche ohnehin wegen des plötzlichen Wechsels in der Richtung der Radialabsonderungen Stellen geringerer Cohäsion seyn müssen.

§. 5.

So gut sich die Agate in der Hauptsache dem Aequidistantengesetz anschließen, so existirt doch wohl keiner, der nicht an mehreren Stellen sehr erhebliche Abweichungen von diesem Gesetz zeigte. Nicht bloß sieht man an durchgeschlagenen oder geschliffenen Stücken leere oder erfüllte Kanäle, die ins Innere führen, sondern man sieht auch wie Schichten, die an anderer Stelle dem Hohlraum concentrisch sind, in der Nähe dieser Kanäle deren Zug folgen, sich gegen den Umfang hin oft bis zum Verschwinden verdünnen und im Allgemeinen ein Bestreben zeigen sich nach Aussen fortzusetzen. Ich verweise in dieser Beziehung auf die instructiven Abbildungen zu Nöggerath's Sendschreiben, besonders die Figuren 5, 7, 8, 9. Eine große Mandel der hiesigen Sammlung enthält auf einer angeschliffenen Fläche am Umfang 6 unverkennbare Durchschnitte von Kanälen, die nach Aussen führen, und in der Fläche selber mehrere Andeutungen, namentlich den schiefen Schnitt eines Zapfens, der mit der innersten ebenfalls aus amorphem Quarz bestehenden Ausfüllung communicirt. Die ganze Mandel enthielt höchst wahrscheinlich eine sehr große Anzahl solcher Verbindungswege von Aussen und Innen, die sich allmählich angefüllt haben.

Allerdings trifft man vielfach Schliffe, denen solche Andeutungen ganz fehlen, ferner findet man gar oft ganze Mandeln, die an ihrer Oberfläche keine Spuren einer früheren Communication mit Aussen verrathen und den Eindruck machen, als ob es sich um Individuen handle, welche »in der Höhlung eines festen Fels« entstanden wären¹⁾. Aber es scheint nicht, als ob man gerade solche Mandeln näher untersucht hätte. Die obersteiner Agate, die ich Hr.

1) Brewster, diese Ann. Bd. LXI, S. 138.

August Veeck verdanke, setzten mich in den Stand dieß zu thun; die Mandeln waren von mälsiger Gröfse, mälsig rauher Oberfläche, bis tief hinein aufs Feinste geschichtet, die kleinen linsenförmigen Innenräume mit krystallinischer Masse dicht angefüllt. Beim systematischen Zerschlagen zeigte sich nicht nur, dafs der krystallinische Kern an mehr als einer Stelle Ausläufer gegen den Umfang der Mandel hatte, sondern dafs auch die anliegenden Schichten in der Nähe dieser Ausläufer mit Vehemenz umbogen und die Richtung derselben einschlugen. An etlichen dünnen Schliffen, welche nichts von der krystallinischen Masse an sich trugen, war der von dem Aequidistantengesetz vollkommen abweichende Zug der Schichten gegen eine Stelle des Umfangs mit gröfster Bestimmtheit zu verfolgen, und an einem Stücke unterschied ich deutlich einen innersten bandförmigen Kanal, der wohl zu allerletzt noch als Zuführungsweg gedient hatte.

Die Ansicht, dafs die Ausfüllung der ursprünglichen Hohlräume durch ein successives Durchschwitzen der steinbildenden Flüssigkeit durch die Wände der Mandeln erfolgt sey, scheint daher mit der Wirklichkeit nicht übereinzustimmen, und ich möchte zu den von Nöggerath (S. 8 und 9) gegen dieselbe beigebrachten Argumente noch hinzufügen, dafs auf diese Weise die wunderbare Feinheit der Schichten, der Wechsel in Farbe und Lichtbrechungsvermögen, der plötzliche Uebergang vom Amorphen ins Krystallinische, namentlich aber jene so charakteristischen Abweichungen vom Aequidistantengesetz nicht erklärbar sind. Auf der anderen Seite werden wir uns nicht verhehlen, dafs auch die zweite Ansicht, nach welcher die kieselhaltige Flüssigkeit durch offene Wege und Thore in die Mandeln einzog, noch einer wesentlichen Ergänzung bedarf; denn so lange nicht gezeigt werden kann, dafs unter diesen Umständen die Ablagerung in der bekannten regelmäfsigen Weise geschehen mußte, hat diese Hypothese etwas Vages, ich möchte sagen Rohes, und ich erkläre mir damit, dafs selbst Männer ersten Rangs, denen sicher die

sogenannten Infiltrationskanäle gar wohl bekannt waren, sich mehr zu der ersten Ansicht hinneigen, welche wenigstens die Befriedigung gewährt, daß bei ihr das oberste Gesetz der Agatbildung, das Aequidistantengesetz einigermaßen zur Geltung kommt.

§. 6.

Die große Analogie zwischen den Agaten und den Producten eines wiederholten Stürzens legt es nahe anzunehmen, die Agate seyen dadurch entstanden, daß Hohlräume von kieselerdehaltiger Flüssigkeit, nach längeren Perioden, abwechselnd gefüllt und entleert waren. Da von einer Füllung zur andern die Füllmasse sich möglicherweise geändert haben konnte, so würde die Differenz der Schichten begreiflich. Durch welches Spiel von Kräften wurde aber dieser Wechsel von Füllungen und Entleerungen unterhalten? Man könnte zunächst an heberartige Fortsätze der Hohlräume denken, welche eine Anfüllung bis zu gewisser Höhe zuließen, dann aber eine vollständige Entleerung einleiteten; man wird aber den Gedanken an solche diabetesartige Anordnungen fallen lassen, wenn man erwägt, daß zu erklären ist, wie jenes Spiel von Füllungen und Entleerungen sich auf ein ganzes System von Hohlräumen erstrecken konnte, und da scheint mir der Gedanke an *intermittirende Thermen* ein sehr naturgemäßer zu seyn. Im Hinblick auf das, was von Bunsen in Betreff der isländischen Thermen festgestellt worden ist ¹⁾, werden wir jedoch nicht an diejenigen Stofsquellen denken, deren Repräsentant der große Geisir ist, sondern an die andere Kategorie von Thermen, welche durch »die Dauer ihrer Ausbrüche, das langsame aber stetige Wachsen und Abnehmen derselben, und die große Regelmäßigkeit ihrer Periodicität« ausgezeichnet sind, und deren Wirkung sich in befriedigender Weise durch die zuerst von Mackenzie ²⁾ aufgestellte Hypothese unterirdischer Dampfkessel erklärt.

1) Ann. der Chem. u. Pharm. Bd. LXII, S. 40 u. f.

2) Bertuch, n. Bibl. d. w. Reisebeschr. 1815.

Was die andere nicht minder wichtige Frage betrifft: woher die gelöste Kieselerde komme, so glaube ich, daß sie durch die wichtigen Versuche von Daubrée¹⁾, nach welchem Wasser bei hohem Druck und hoher Temperatur Kieselsäure aus Silicaten abzuscheiden vermag, ihre Erklärung findet.

Die Hohlräume in denen die Agate abgelagert sind, verdanken, nach den Untersuchungen von Lasius, L. v. Buch, Nöggerath (Sendschr. S. 2, 3), ihr Daseyn den Dampf- oder Gasblasen, welche in der zähflüssigen Melaphyrmasse aufgestiegen und festgehalten worden sind. Im Verlauf des Erstarrens erhielt ohne Zweifel die Masse zahllose Spalten und Sprünge, welche an den Hohlräumen als Stellen kleinsten Widerstands begonnen, sich von Hohlraum zu Hohlraum erstreckten, und so eine Communication derselben unter einander, sowie nach Oben und Unten vermittelten. Nun erst konnten die Tagwasser auf das jungfräuliche noch heiße Gestein einwirken, dasselbe auslaugen und endlich in tiefer liegende Dampfkessel zu weiterer Concentration gelangen. Diese Kessel erhielten nun theils vom anliegenden Gestein, theils und wohl reichlicher von dem in größere Tiefe hinabgesunkenen und in Dampfform von dort zurückgekehrten Wasser einen stetigen Wärmezufuß, durch welchen die untere Flüssigkeit allmählich auf ihren Siedpunkt erwärmt wurde. Die gespannten Dämpfe trieben alsdann die darüberstehende Flüssigkeitssäule durch die Spalten und Hohlräume in die Höhe, und fanden endlich nach oben einen Ausweg. Hiedurch aber, sowie in Folge des für die Arbeit der Hebung notwendigen Wärmeverbrauchs, mußte eine Abkühlung des Kesselraums eintreten; die Flüssigkeit sank wieder zurück, die Hohlräume und Spalten in entgegengesetzter Richtung durchlaufend. Sank hierbei die Flüssigkeit zum größeren Theil in den Kessel zurück, so entleerten sich die Hohlräume bei der absteigenden Bewegung zum zweiten Male, und wir hätten so für viele der vorhandenen Hohlräume eine *aufsteigende* und

1) *Etudes et expér. synth. sur le métamorphisme.* Paris 1860.

eine *absteigende Entleerung*. Weil ferner bei der ersteren die Füllmasse wahrscheinlich concentrirter, wohl auch stärker gefärbt war als bei der zweiten, sofern das Auf- und Absteigen mit einem Absatz von Stoffen verbunden, wohl auch von einer Mischung mit dem Tagwasser begleitet war, so begreift man die Differenz der Schichten, welche bei der aufsteigenden und absteigenden Entleerung in den Hohlräumen zurückblieben, wozu noch der wesentliche Umstand kommt, daß die erste Schichte ihre Consistenz unter der Wirkung heißer Dämpfe, die zweite unter Berührung mit der Atmosphäre erhielt, wodurch selbst bei gleicher Färbung der Füllmasse eine physikalische Verschiedenheit der anstossenden Schichten gegeben war.

Dieser scheinbar so einförmige Proceß der abwechselnden Füllungen und Entleerungen enthält einen solchen Reichtum von Möglichkeiten, daß es ein vergebliches Unternehmen wäre, sie alle bezeichnen zu wollen: die Wege vom Kessel nach Oben konnten vom höchsten Punkte ausgehen oder von tiefer liegenden Stellen, in welcher letzterem Falle nothwendig ein Theil des Kesselinhalts durch die Dämpfe ausgetrieben werden mußte: das Wasser drang durch die Hohlmandeln selber in die Kessel, oder von anderer Seite her; die Therme konnte die Flüssigkeit bis über die Oberfläche hinaus treiben und dort zerstreuen, oder ein begränztes Flüssigkeitsquantum pulsirte nur in langen Perioden in den Hohlräumen auf und ab; die tiefer liegenden Hohlmandeln entleerten sich nur bei der aufsteigenden Bewegung; höher liegende Hohlräume wurden nur vom Gipfel einer pulsirenden Säule erreicht und die entleerten Hohlräume standen nur mit der Atmosphäre in Berührung, in welchem Falle wohl besonders regelmäßige Schichten (vielleicht die der irisirenden Agate) abgelagert werden mußten, u. s. f. Bei meiner Unkenntniß geognostischer Verhältnisse enthalte ich mich hierauf weiter einzugehen und erlaube mir nur noch auf einige Punkte aufmerksam zu machen, die sich mir beim Studium der Agate dargeboten haben.

Die obersteiner Agate zeigen am Rande allezeit eine Art Schale von hellerer Farbe; die Schichtenbildung ist daselbst ziemlich unvollkommen, und namentlich im polarisirenden Mikroskope unterscheidet sich diese Partie sehr wesentlich von der regelmässig geschichteten Hauptmasse; während nämlich auf dünnen Radialschliffen die letztere lange zu den Schalen senkrechte farbige Streifen zeigt, bietet die erste nur schwache confuse Farben und wirkt in der Hauptsache depolarisirend. Ich erkläre mir diesen Umstand damit, dass die ersten Füllungen und Entleerungen mit grösserer Vehemenz und Unordnung vor sich gingen, und dass die noch wenig concentrirte und wenig gefärbte Masse bei zu hoher Temperatur fest wurde.

Chalcedon ist nach Fuchs ein Gemenge krystallinischen und amorphen Quarzes. An einem wahrscheinlich brasilianischen Agate habe ich an mehreren Schichten deutlich eine beginnende Krystallisation beobachtet. Die Möglichkeit hiervon begreift man, wenn man bedenkt, dass, bei jeder längeren Pause der Therme, die in gefüllten Hohlräumen befindliche Flüssigkeit ein Bestreben hatte, ihre Kieselerde krystallinisch abzusetzen, und wenn es nur selten hierzu kam, so ist das aus der Unruhe der Therme auch während der Pausen zu erklären. Eine spätere Schichte setzte sich dann auf die durch beginnende Krystallisation rauh gewordene Fläche nicht mit derselben Festigkeit an, wie die gewöhnlichen Schichten unter einander; in Wirklichkeit war der obige Agat nach einer solchen rauhen Schichte, die sich in der angeschliffenen Fläche verfolgen lässt, beim Zerschlagen gesprungen. Die sogenannte Fortificationsagate verdanken wohl ihre Entstehung dem Wiederbeginn der Pulsationen nach längerer Ruhe, während welcher die Krystallisation walten konnte.

Viele Agate sind durchweg mit Chalcedonmasse erfüllt; sie hatten Zeit sich ganz zu füllen, ehe die Therme ihre Intermittenzen eingestellt hatte. Blieben aber nach diesem Zeitpunkt noch Hohlräume übrig, so gab es keine Schichtung mehr, sondern nur noch krystallinischen oder sonsti-

gen Absatz. Aber auch während dieser letzten Epoche mußte noch Verbindung mit Außen stattfinden; die Flüssigkeit mußte durch einen wenn auch äußerst langsamen Strom von Unten oder Oben erneuert werden, um das für die Krystallisation nöthige Material bis zu partieller oder gänzlicher Erfüllung des Hohlraums zu liefern. Selbst bei Hohlräumen, die nur noch durch *eine* Oeffnung mit Außen communicirten, war ein solcher Austausch durch Wirbel und Diffusion denkbar.

Was die Spalten und Gänge betrifft, durch welche die Mandeln unter einander communicirten, so konnte von einem geschichteten Absatz in denselben nur an solchen Stellen die Rede seyn, wo dieselben eine gewisse Weite hatten oder allmählich erreichten; in den engen Partieen war die Geschwindigkeit der auf- und absteigenden Ströme zu groß, als daß überhaupt eine merkliche Ablagerung stattfinden konnte; im Gegentheil werden diese Spalten eher ausgewaschen worden seyn. Je nach der Natur des Gesteins konnte dieses Auswaschen das einmal mehr röhrenartige Wege, das anderemal durch bloße Erweiterung der Spalten bandartige Kanäle hervorbringen, ein Umstand der seinerseits von Einfluß auf die Schichtenbildung seyn mußte; denn war z. B. eine Mandel von einem verticalen Spalt durchsetzt, so war Gelegenheit zur Bildung horizontaler Schichten gegeben, während eine Mandel, welche an vielen Stellen ihres Umfangs mit Außen communicirte, sich mehr für concentrische Schichtung eignete. Ich verweise in dieser Beziehung auf Nöggerath's Sendschreiben S. 9 bis 11 und auf die daselbst erwähnten Beobachtungen von L. v. Buch.

Durch nachfolgendes Zusammenrutschen der zerklüfteten, ausgewaschenen oder gar durchweichten Melaphyrmasse konnten endlich die noch nicht erhärteten Agate mancherlei Deformationen durch Quetschung und Abreibung erfahren, oder auch nach vollständiger Erhärtung zerbrochen und neuerdings verkittet werden.

§. 7.

Eine besondere Betrachtung erfordert noch der Act des

Erhärtens der einzelnen Schichten. Kieselgallerte ist ohne Zweifel eine Masse, die wie Collodium ¹⁾ beim Verdunsten des Lösungsmittels eine sehr erhebliche Contraction erleidet. Nehmen wir an, es sey in Folge auf- oder absteigender Entleerung eines Hohlraums in demselben eine dünne Schichte von Kieselgallerte zurückgeblieben: nach Analogie mit der Collodiumhaut überzog sich die frische Schichte zuerst mit einer dünnen Membrane, welche sich unter Contraction gegen die ältere Schichte hin verdickte. Bei der Contraction in radialer Richtung konnten die Moleculé den ihrem natürlichen Gleichgewicht entsprechenden Abstand einnehmen; in tangentieller Richtung aber war dieß nicht in gleichem Grade möglich, sofern die Adhäsion an der älteren Schichte dem freien Zusammentreten der Moleculé ein Hinderniß in den Weg legte. Jede neue Schichte legte sich so an eine frühere unter einer tangentiellen Spannung, und hierin liegt, wie M. Schultze (Archiv f. Physiol. 1861. S. 239 u. f.) in überzeugender Weise gezeigt hat, die Ursache der Doppelbrechung und weiterhin der optisch negative Charakter derselben für den Agat und alle Körper, bei welchen sich »aus flüssiger oder breiweicher Substanz erhärtend und dabei sich zusammenziehend, eine dünne Schichte einer Substanz auf die andere ablageret.«

Die erwähnte Bildung einer Membrane an der äußern Fläche einer frischen Schichte hatte wohl noch eine anderweitige Bedeutung: durch sie wurde der Act der Verdunstung verlangsamt, die regelmäßige Ablagerung der Schichten begünstigt und sogar ein Theil des Wassers zurückgehalten, dessen Gegenwart für die Durchsichtigkeit der Agate, so wie für das frische Aussehen der Farben bei den gefärbten wesentlich scheint. Alle durchsichtigen Agate verwandeln sich durch Glühen unter anfänglichem heftigem Spritzen in eine weißse undurchsichtige Masse, welche das Wasser später nicht wieder anzunehmen scheint; farbige

1) In Betreff der eigenthümlichen Erscheinungen, die ich an einer freien in Concentration begriffenen Collodiumhaut beobachtet habe, verweise ich auf das Univ.-Programm vom Herbst 1860, S. 23 bis 26.

Agate verlieren durch Glühen nambhaft an Intensität ihrer Farben.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß die frischen Agate ihre Räume längere Zeit als continuirliche Masse erfüllten und daß erst in Folge allmählicher Abkühlung und Entwässerung des Gesteins die radiale und die §. 1 besprochene traubige tangentielle Absonderung eintrat. Durch die erste Absonderung machte sich die tangentielle Spannung, unter deren Wirkung die Schichten als Continuum bis zu einem gewissen Grad von Consistenz gelangt waren, in zahllosen die ganze Masse radial durchsetzenden Sprüngen Luft; durch die traubige Absonderung lösten sich radiale Spannungen.

Das constante Auftreten der Radialsplitterung im geschichteten Chalcedon hat mich an das merkwürdige Phänomen der regelmässigen Zerklüftung gewisser Basalte ¹⁾ erinnert. Wenn es erlaubt ist, Kleines mit Großem zu vergleichen, so könnten die geschichteten Basalte ebenfalls von einem Stürzprocesse herrühren, durch welchen ein immenser Hohlraum sich periodisch füllte und entleerte, wie bei der Agatbildung. Die säulenförmige Absonderung des Basalts entspräche in derber Weise der Radialsplitterung, die Quersprünge bezögen sich entweder auf die ursprüngliche Schichtung selber oder entsprächen der traubigen Absonderung der Agate. Ich begnüge mich aber aus nahe liegenden Gründen mit der einfachen Hinweisung auf die Analogie, die sich mir dargeboten hat und schliesse mit der Bitte um Nachsicht von Seiten der Geologen und Mineralogen, deren mir fremdes Gebiet ich so vielfach ohne genügende Kenntniß und Anschauung zu betreten gewagt habe.

Tübingen, 18. Juni 1864.

1) Quenstedt, Mineralogie 2. Aufl. S. 781 u. f.

V. *Thermometrische Versuche;*
von Dr. Georg Recknagel in München.

(Auszug aus der Habilitationsschrift des Verfassers.)

In der vorliegenden Experimentalarbeit wird der Gang des aus gewöhnlichem Natronglase ¹⁾ gefertigten Quecksilberthermometers zwischen 0° und 100° C. mit dem Gange eines Luftthermometers verglichen, welches nach dem Princip des constanten Volumens construirt und mit Luft gefüllt ist, deren Spannung bei 0° vom gewöhnlichen Barometerstande nicht weit abweicht. Zur Constatirung des Resultates sind zugleich Bestimmungen des Ausdehnungscoëfficienten der Luft und Studien über die Verrückungen des Nullpunktes an Quecksilberthermometern vorgenommen worden.

Seit Gay-Lussac's Vergleichen war die Meinung, daß beide Thermometer zwischen 0° und 100° übereinstimmen, so sicher, daß selbst Hr. Regnault ²⁾, nachdem er jene Versuche mit Gewichtsthermometern aus ordinärem Glase wiederholt hatte, sich über seine Resultate in folgender Weise äußert:

»Aus diesen Versuchen ersieht man, daß zwischen 0° und 100° das Luftthermometer beinahe genau mit dem Quecksilberthermometer übereinstimmt, was die älteren Beobachtungen des Hrn. Gay-Lussac bestätigt. Es ist jedoch zu bemerken, daß bei meinen Versuchen das Luftthermometer gegen die Mitte seiner Scale beständig um etwa 0°,2 hinter dem Quecksilberthermometer zurückbleibt. Diefes scheint anzuzeigen, daß in dem Gange beider Ther-

1) Aus Untersuchungen von J. J. Pierre (*Annales de chim. et de chim. et de phys. T. VI 1842*) geht hervor, daß sich für Quecksilberthermometer von verschiedenem Glase zwischen 0° und 100° ein merklich verschiedener Gang nicht nachweisen läßt.

2) Pogg. Annalen. Bd. 57. — *Annales de chim. et de phys. T. VI 1842.* — *Mem. de l'Acad. roy. des sciences T. XXI 1847.*

mometer wirklich ein kleiner Unterschied vorhanden ist, aber ein zu kleiner, als dafs es nöthig wäre, darauf Rücksicht zu nehmen. Er fällt überdies zwischen die Unsicherheitsgränzen, welche von der Verrückung des Nullpunktes am Quecksilberthermometer abhängen.

In der That hat Hr. Regnault soweit von seinen Versuchsergebnissen abgesehen, dafs man aus seinen Tabellen für die Ausdehnung des Quecksilbers und ordinären Glases die Temperaturangabe des Quecksilberthermometers bei $+50^{\circ}$ um $0^{\circ},17$ tiefer rechnet als die des Luftthermometers, während das Experiment sie um $0^{\circ},2$ höher gegeben hatte. Es beträgt also die bei der Reduction des Quecksilberthermometers auf das Luftthermometer bestehende Unsicherheit in der Mitte der Scale zur Zeit noch mehr als $0^{\circ},3$, und diefs scheint zuviel, als dafs man sich dabei beruhigen müfste. Denn mit einigem Fleifse werden Quecksilberthermometer construirt, welche vorsichtig behandelt, in ihren Angaben durchaus bis auf $0^{\circ},1$ übereinstimmen, und man überzeugt sich leicht, dafs das Luftthermometer in der Form, in welche es nach Prof. Jolly's Angabe gebracht und durch dessen Güte mir zur Verfügung-gestellt war, einer mindestens eben so grofsen Präcision fähig ist. Was endlich die Verrückungen des Nullpunktes betrifft, so können diese bei planloser Behandlung der Instrumente allerdings von solcher Bedeutung werden, dafs die Temperaturbestimmung um mehre Zehntel von Graden falsch wird. Man gelangt aber durch ein etwas eingehenderes Studium ihrer Ursachen zu Regeln für die Behandlung der Quecksilberthermometer, deren Befolgung die hier wünschenswerthe Sicherheit in der That verbürgt.

Die Vortheile der neuen Construction des Luftthermometers bestehen erstlich darin, dafs das constante Volumen, statt durch einen aufsen auf die Röhre aufgeätzten horizontalen Strich, nun durch das Zusammenfallen einer in S eingeschmolzenen Glasspitze (Fig. 6 Taf. I) mit ihrem Bilde auf dem Spiegel der Quecksilbersäule markirt ist. Hierdurch ist ein Ableser erspart und die Genauigkeit der Ein-

stellung vermehrt. Zweitens werden die Druckhöhen über dem Niveau der Spitze in *S* mit einer innerhalb der Glasröhre *NM* durch den Trieb in *r* *beweglichen* Messingscale gemessen, welche in eine Stahlspitze ausläuft und in *f* eine Führung in der Röhre hat. Diese Einrichtung macht, wenn man die Mefsröhre *NM* mit Hilfe des Senkels und der Fußschrauben in *F* vertical stellt, ein Kathetometer oder mindestens einen zweiten Ableser entbehrlich. Drittens erlaubt der Dreiweghahn in *H* die Communication der Quecksilbersäulen unter sich und mit der als Quecksilberreservoir dienenden Stopfbüchse *Q* beliebig herzustellen und zu unterbrechen, was auf mehrfache Art ausgenützt werden kann.

Das Instrument kann man auf folgende Weise für den Versuch vorbereiten. Man bestimmt das Größenverhältniß der Capillare (*c*) und des Raumes (*v*), in welchem sich die Spitze befindet, zu dem Inhalte des eigentlichen Luftbehälters *V* durch Wägung (wegen des umgekehrten Meniskus am besten mit Wasser), trocknet dann den Glasapparat *Vcs* vorläufig soweit aus, bis alle sichtbaren Spuren von Wasser entfernt sind, und kittet ihn, nachdem man die Capillare zweimal im Knie gebogen, in das Eisenstück *LH* ein, in welches auch die Mefsröhre *NM* eingesetzt ist, die zur Vermeidung eines ungleichen Einflusses der Capillarität mit der Röhre *S* gleiches Kaliber hat (hier 18^{mm} inneren Durchmesser).

Darauf wird der vordere Theil des Apparats mittelst der Ueberwurfschraube in *K* abgenommen und auf den Trocken-Apparat geschraubt, der bei den vorliegenden Versuchen schließlic in einer über 4 Fuß langen mit geschmolzenem Chlorcalcium gefüllten, mit der Luftpumpe in Verbindung gesetzten Röhre bestand. Man wird bei gut luftdichtem Verschluss unter beständiger Erbitzung des ganzen Glasapparats 20 bis 30 Mal evacuiren und trockene Luft möglichst langsam einströmen lassen, bis man das Geschäft des Austrocknens beendigt und, nach Abschließung des ausgetrockneten Raumes durch den Hahn *H*, den Apparat zurückbringt, um nun das Niveau zu bestimmen, d. i.

diejenige Ablesung in O zu ermitteln, bei welcher die beiden Spitzen, S und die der Scale, in horizontaler Linie liegen. Diefes wird durch Einstellung beider auf den horizontalen Faden eines Fernrohrs bewerkstelligt, und dessen etwaige Abweichung von der Horizontalen in dem arithmetischen Mittel aus zwei Ablesungen vor und nach der Drehung des Luftthermometers oder Umlegung des Fernrohrs eliminirt.

2. Die zu messende Spannung der eingeschlossenen Luft ist nun theils durch die Höhe h der Quecksilbersäule über dem Niveau der Spitzen, theils durch den Barometerstand H bestimmt und die Summe aus beiden. Es ist somit die Zuverlässigkeit der Messungen durch die Güte des *Barometers* wesentlich bedingt. Das hier verwendete ist ein Gefäfsbarometer, welches wiederholt ausgekocht und mit einer Versicherung gegen aufsteigende Luftblasen versehen war. Der Durchmesser des Röhrenstückes, in welchem die Quecksilbersäule endigt, beträgt über 22^{mm} , so dafs eine Capillardepression nicht in Rechnung zu bringen ist¹⁾. Der cubische Inhalt des Vacuums beträgt bei dem mittleren Barometerstande von 720^{mm} über 33 Cubikcentimeter. Das äufsere Niveau des Quecksilbers kann durch eine Schraube stets so verstellt werden, dafs der durch eine Schneide repräsentirte Nullpunkt der neben der Röhre vertical aufgestellten Glasscale mit seinem Spiegelbilde zusammenfällt. Die Ablesung wird nach einigen kleinen Erschütterungen der Röhre mit einem 5 bis 6 Fufs entfernten horizontal gestellten Fernrohre mit horizontalem Faden gemacht.

Auf die Reduction der Längentheilungen wurde in geeigneter Weise Rücksicht genommen.

3. Zum Zwecke der beabsichtigten Untersuchung mußten mindestens zwei *normale Quecksilberthermometer* con-

1) Sie beträgt für den Durchmesser von 22^{mm} nach den Tafeln von Bravais (Pogg. Ann. Bd. 57 S. 579) $0,018^{\text{mm}}$ für den Maximalwinkel von 45° , was einen Fehler von $0^{\circ},002$ für die Temperaturbestimmung hereinbringt (Vergl. unten den Einflufs des constanten Fehlers).

struiert werden, an welche man die Anforderung stellt, daß ihre Angaben unter günstigen Verhältnissen mit der Genauigkeit der Ablesung unter sich übereinstimmen. Da es mir nicht möglich war, sehr nahe cylindrische oder rein konische Röhrenstücke von mehr als 200^{mm} bis 300^{mm} Länge zu finden, so mußte jene Genauigkeit auf $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{30}$ Grad beschränkt werden. Nachdem auf zwei solche ausgewählte Röhren eine willkürliche Theilung (Millimeter) aufgeätzt war, wurde ihr Kaliber und damit zugleich die Theilung in der gewöhnlichen Weise durch successiv eingelassene Quecksilberfäden von verschiedener Länge sorgfältigst untersucht, woraus sich folgende Tabelle von Correcturen ergab.

Therm. I.		Therm. II.	
Theilstrich	— Correctur.	Theilstrich	— Correctur.
35	+ 0,05	150	0
70	+ 0,10	194	+ 0,10
90	+ 0,05	240	+ 0,20
120	0	250	+ 0,32
140	— 0,05		
175	— 0,10	Th. I ist auf mittleres Kaliber zwischen 0 und 280,	
210	— 0,10		
280	— 0,05		
290	— 0,10	Th. II auf das gleichförmige Kaliber zwischen 0 und 150 reducirt.	
300	— 0,15		
310	— 0,20		
320	— 0,25		
325	— 0,30.		

Da das Intervall von 100° C. sich annähernd bei Th. I vom Theilstrich 16 bis 320, bei Th. II von 38 bis 256 erstreckt, so erhebt sich die Correctur wegen ungleichen Kalibers nur bei den höchsten Temperaturen auf 0°,1 C.

Den Thermometerröhren wurden cylindrische Gefäße von etwa 30^{mm} Länge und 5^{mm} Durchmesser angeblasen, die Thermometer bei der Füllung mit Quecksilber luftleer gemacht und verschlossen, und kurz darauf die Bestimmung der fixen Punkte vorgenommen.

Schon vor der Aufertigung dieser beiden Instrumente waren zwei mehre Jahre alte Thermometer von Fastré in Paris zur Vergleichung mit dem Luftthermometer verwendet worden, welche zwar nur das Intervall von -15° bis $+50^{\circ}$ umfassten, aber direct in Zehntel Celsius'scher Grade getheilt waren und mehre Monate lang die grösste Beharrlichkeit des Nullpunktes gezeigt hatten. Beide Instrumente weichen in der Nähe von 50° um $0^{\circ},2$ von einander ab, sie wurden daher miteinander verglichen und eine Tabelle entworfen, welche die Angaben des einen auf die des andern Thermometers reducirt. Es war dann nichts übrig, als später eines von beiden noch an mehreren Stellen mit den Normalthermometern zu vergleichen, sowohl um den wahren Gradwerth der Theilstriche zu bestimmen als die etwa vorkommenden Ungleichheiten des Kalibers zu eliminiren; dann konnten die mit ihnen und dem Luftthermometer vorgenommenen Vergleichungen so angesehen werden, als seyen sie mit den Normalthermometern selbst gemacht. Diese Vergleichung, am 21. Mai 1862 jedesmal bei lange erhaltenem Maximum der Temperatur zwischen dem Therm. I und dem Therm. 1.) von Fastré (das bei 50° um $0^{\circ},2$ höher steht als No. 2) angestellt, ergab

Therm. I.	Therm. 1.)	Diff. 1 — 1.)
16°,26	16°,26	0
43 ,75	43 ,85	— 0,10
28 ,49	28 ,46	0,03
30 ,77	30 ,77	0

4. Unter den Apparaten ist noch des Wasserbehälters zu gedenken, welcher zur Herstellung constanter Temperaturen verwendet wurde. Ein Kessel von Zinkblech und $1\frac{1}{2}$ Fufs Durchmesser ist in einen zweiten ähnlichen Kessel eingesetzt, so dafs das Wasser des äufseren erwärmt wird.

Wenn die Temperatur nahezu erreicht ist, bei welcher die Vergleichung stattfinden soll, so ist es leicht, die Gasflammen unter dem äufseren Kessel so zu schwächen, dafs die Temperatur Stunden lang innerhalb Schwankungen

von $0^{\circ},1$ erhalten bleibt. Dabei setzt ein *Rührer*, dessen Schaufeln die Gruppe der *vertical* eingelassenen drei Thermometer fast ganz umschließen, das Wasser des inneren Gefäßes *fortwährend* so in Bewegung, daß locale Temperaturdifferenzen sich nicht ausbilden können. Den ganzen Kessel verschließt ein Deckel, welcher Oeffnungen für Rührer und Thermometer enthält. Die Ablesung an den sorgfältig vertical gestellten Quecksilberthermometern geschieht zur Vermeidung der Parallaxe mittelst eines Fernrohrs.

Eine empfehlenswerthe Vorsichtsmaßregel für die Versuche mit dem Luftthermometer, insbesondere, wenn man durch mehrere Tage fortgesetzte Beobachtungen auf denselben Nullpunkt beziehen will, fand ich darin, daß man größere Schwankungen der in *S* schließenden Säule durch rechtzeitiges Abschließen in *H* zu vermeiden sucht. Man überzeugt sich nämlich leicht, daß solche Schwankungen Verrückungen des Nullpunktes (in der Regel Sinken desselben) und sogar Eintritt von Feuchtigkeit aus dem mit der äußeren Luft communicirenden Quecksilber zur Folge haben, wie gut man auch dieses vor den Versuchen mag getrocknet haben. Dieselben Gründe lassen es, wenn man große Genauigkeit betont, überhaupt nicht rathsam erscheinen, länger als zwei bis drei Tage zu experimentiren, ohne den Apparat von Neuem mit trockener Luft zu füllen.

Rechnung der Temperaturen des Luftthermometers.

Aus dem vereinigten Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze

$$Pv = R(1 + dx)$$

leitet man sich leicht die Formel ab zur Berechnung der Temperatur x des Luftthermometers. Bezeichnet nämlich H_0 den auf 0° C. reducirten Barometerstand, h_0 die ebenso reducirte Höhe der Quecksilbersäule über dem Niveau der Spitzen bei der Temperatur 0 des schmelzenden Schnees, t die bei der Nullpunktsbestimmung gerade stattfindende Temperatur der Umgebung, und haben H_x , h_x , t' analoge

Bedeutungen bei Messung der Temperatur x , ist ferner β der cubische Ausdehnungscoefficient des Glases, α der Ausdehnungscoefficient der Luft, so ist:

$$(H_0 + h_0) \left(1 + \frac{v_0}{V_0} \frac{1 + \beta t}{1 + \alpha t}\right) = (H_x + h_x) \left(\frac{1 + \beta x}{1 + \alpha x} + \frac{v_0}{V_0} \frac{1 + \beta t}{1 + \alpha t}\right).$$

Einfluß des Fehler.

Um die Abhängigkeit der Genauigkeit einer Temperaturbestimmung von den einzelnen Bestimmungsstücken zu rechnen, kann man sich einer vereinfachten Formel bedienen:

$$1 + (\alpha - \beta)x = \frac{H_x + h_x}{H_0 + h_0}.$$

1. Der Einfluß des Beobachtungsfehlers in Bestimmung von H_x und h_x ist von der Temperatur nahezu unabhängig, um so geringer, je größer $H_0 + h_0$ ist und beträgt bei $H_0 + h_0 = 760^{\text{mm}}$ dann $\pm 0^{\circ},1$ wenn der Fehler selbst von der Größe $\pm 0,27^{\text{mm}}$ ist. Ebenso hat der Fehler von $\pm 0,27^{\text{mm}}$ in der Nullpunktsbestimmung ($H^0 + h^0$) den Einfluß von $\pm 0^{\circ},1$.

2. Ein constanter Fehler von der Größe $-m$ im Barometerstande (oder in der Niveaubestimmung) vergrößert den Quotienten rechts nahezu um $\frac{h_x - h_0}{(H_0 + h_0)^2} m$. Dieser Werth ist wieder nahe der Temperatur x proportional, und es wird für $H_0 + h_0 = 760^{\text{mm}}$ annähernd

$$\Delta x = 0,0013 \cdot x \cdot m,$$

so daß m ein ganzes Millimeter betragen dürfte, bis Δx bei 100° von der Größe $0^{\circ},13$ wird. Bei 50° wäre die gemessene Temperatur nur um $0^{\circ},06$ zu hoch u. s. f.

3. Der Einfluß eines Fehlers in dem zur Rechnung benutzten Ausdehnungscoefficienten α der Luft ist

$$\Delta x = - \frac{\Delta \alpha}{\alpha - \beta} x$$

also z. B.

— 27500 $\Delta \alpha$ bei 100°
— 13750 $\Delta \alpha$ „ 50°
— 5500 $\Delta \alpha$ „ 20° .

Es könnte auffallend erscheinen, daß hier noch von einer Unsicherheit im Ausdehnungscoefficienten der Luft die Rede ist, da derselbe doch durch ausgedehnte Versuchsreihen der HH. Magnus ¹⁾ und Regnault ²⁾ mit einer bis in die 6. Decimale reichenden Uebereinstimmung ($\alpha = 0,003665$) bestimmt scheint. Es wird aber hier nicht zum ersten Male darauf aufmerksam gemacht ³⁾, daß diese genaue Uebereinstimmung nur scheinbar ist, da Hr. Magnus, indem er die Temperatur des bei 28 Pariser Zoll siedenden Wassers $= 100^{\circ}$ C. setzt, in der That die 100 Grade der Celsius'schen Scale auf ein kleineres Temperaturintervall bezieht, als Hr. Regnault, der den oberen fixen Punkt dieser Scale in die Temperatur des bei 760^{mm} siedenden Wassers verlegt. Nun sind 28 Zoll nur 757,96^{mm} und nach Regnault's Tafeln ist die Temperatur des bei diesem Drucke gesättigten Wasserdampfs um $0^{\circ},08$ tiefer als die Temperatur des Wasserdampfs von 760^{mm} Spannung. Schließt man sich in der Wahl des Intervalls an Regnault an, so ist $99^{\circ},92$ die Temperatur des Dampfes von 28" Spannung und demnach die von Hrn. Magnus zwischen 0° und dieser Temperatur beobachtete Spannungszunahme 0,366508 noch durch 99,91 zu dividiren wodurch man 0,0036679 für den Ausdehnungscoefficienten erhält ⁴⁾.

1) Sämmtliche Versuche Regnault's hierüber sind im 21. Bande der Memoiren der Pariser Akademie von 1847 zusammengestellt, die ersten schon 1842 in den *Annales de chimie et de phys.* veröffentlicht.

2) Pogg. Annalen Bd. 55, 1842.

3) Hr. Magnus selbst giebt die einschlägige Reduction S. 25 des 55. Bandes von Pogg. Annalen.

4) Es muß hier bemerkt werden, daß Hr. Regnault die nämliche Zahl als Mittel aus 12 Versuchen der 3. Reihe (S. 51 des 21. Bandes) findet, 0,0036650 als Mittel aus 6 Versuchen der 4. Reihe (S. 58 des 21. Bandes). In diesen beiden Versuchsreihen hat Regnault dieselbe Methode wie Rudberg und Magnus angewendet, nach deren Princip auch das hier verwendete Instrument construirt ist. Der Umstand, daß Hr. Regnault in den beiden ersten Versuchsreihen etwas kleinere Werthe findet, erklärt sich aus einem kleinen, aber bei den dort angewandten Methoden unvermeidlichen Beobachtungsfehler. Denn man wird Quecksilber in einer mit Luft gefüllten Glasröhre nicht aufsteigen

Es bleibt also in der That eine Differenz von 0,000003 zwischen den Mittelwerthen beider Forscher, was, je nachdem man den einen oder andern dieser Coëfficienten benutzt, eine Unsicherheit von $0^{\circ},04$ bei 50° , von $0^{\circ},016$ bei 20° hereinbringt.

Indessen bemerkt man wohl, dafs Versuche wie die hier vorzulegenden erst dadurch den erforderlichen Grad von Zuverlässigkeit gewinnen, wenn der Ausdehnungscoëfficient der zu jeder Versuchsreihe verwendeten Luft selbstständig bestimmt wird. Denn erstlich wird man dadurch, dafs man bei diesen nicht ganz leichten Versuchen Zahlen findet, welche von den Resultaten erprobter Forscher nicht bedeutend abweichen, mehr Vertrauen in die Güte der Instrumente und die Methode der Messung erwecken als durch jede Beschreibung, und zweitens gewinnt man den nicht unbedeutenden Vorthail, dafs man durch Rechnung der Temperaturen mit dem eigens hierfür bestimmten Ausdehnungscoëfficienten die kleinen Fehler eliminirt, deren Einfluß mit der Temperatur wächst. Hierher gehören kleine Quantitäten untermischten Wasserdampfs, welche trotz aller Sorgfalt im Austrocknen zurückgeblieben oder mit eingebrungen seyn mögen und sich durch Vergrößerung des Ausdehnungscoëfficienten geltend machen werden; constante Fehler im Barometerstande u. A. Würde man z. B. mit Hülfe eines sehr mangelhaften Barometers, welches um 1^{mm} zu tief steht, den Ausdehnungscoëfficienten trockener Luft bestimmen, so müßte man denselben nach No. 2 S. (122) um $(0^{\circ},13 + 0^{\circ},04)$ 0,003668 : 100 d. i. um 0,0000062 zu groß finden. Die Temperaturbestimmung bei 50° müßte wegen des Fehlers am Barometer um $0^{\circ},065$ zu hoch ausfallen, wird aber dadurch, dafs man sie mit dem selbstbe-

lassen können, ohne dafs ein kleiner Theil der Luft zwischen der Glaswand und dem Quecksilber eingeschlossen wird. Dieser Theil geht, wenn man wägt, nur für die Spannung, wenn man calibrirt, auch noch für das Volumen verloren. Es ist also, wenn ich es auch nicht wagen darf, meine Beobachtungen hier mit in die Waagschale zu legen, doch wohl der von Hrn. Magnus für die *Spannungszunahme* zwischen 0° und 100° gegebene Werth wahrscheinlicher.

stimmten (auch zu groß gefundenen) Ausdehnungscoefficienten rechnet, wieder um $0^{\circ},085$ erniedrigt, so daß nur ein Fehler von $-0^{\circ},02$ übrig bleibt.

4. Man verdankt es der großen Ueberlegenheit des Ausdehnungscoefficienten der Luft über den des Glases, daß die Unsicherheit, welche hinsichtlich der Ausdehnung eines einzelnen Gefäßes selbst nach vorausgegangenen Versuchen über die Ausdehnung von Glasgefäßen aus derselben Glassorte noch übrig bleibt, die Temperaturbestimmung mit dem Luftthermometer kaum um $0^{\circ},01$ beeinflusst. Bei Berechnung der Temperaturen des Luftthermometers wurde

zwischen	0°	und	30°	...	$0,0000260$
"	30°	"	60°	...	$0,0000265$
"	60°	"	100°	...	$0,0000271$

als Ausdehnungscoefficient des Glases in Rechnung gebracht.

5. Dadurch, daß man die Temperatur, welche ein neben der Röhre *S* aufgehängtes Thermometer anzeigt, für die Luft im Volumen v_0 in Rechnung bringt, darf man, wenn $\frac{v_0}{V_0} = 0,003$, einen Fehler von 3° begehen, bis dadurch die Temperaturbestimmung selbst um $0^{\circ},01$ falsch wird. Zur Annahme eines solchen Fehlers ist kein Grund vorhanden, wenn man nur nicht versäumt, den Raum, in welchem sich die Spitze befindet, durch einen Schirm vor der Wärme des Bades zu schützen, und die Capillare sehr eng genommen hat.

Nach Allem, was im Vorausgehenden angeführt worden ist, wird man eine Sicherheit von $0^{\circ},1$ für die aus mehreren Einstellungen resultirende Temperaturbestimmung nicht von vorneherein für illusorisch halten dürfen, wenn man nur die Berechtigung zur Benutzung eines von dem oben erwähnten, nicht weit abweichenden Ausdehnungscoefficienten der Luft für den speciellen Fall nachgewiesen hat, und die zu messenden Temperaturen lange genug constant erhält, daß sie sich der gesamten Luftmasse im Ballon *V* mittheilen können.

Die Versuche selbst sind in drei Abtheilungen gemacht.

Die erste im Februar und April 1862 mit den alten Thermometern von Fastré, die zweite im Juli 1862 mit den kurz vorher construirten Normalthermometern, die dritte mit eben diesen Thermometern im Februar 1863. Von der zweiten Versuchsreihe an bis zum Schlusse wurde der gleiche Glasballon am Luftthermometer benutzt, dessen Ausdehnung zwischen 0° und 100° zahlreichen Versuchen gemäß, die im hiesigen physikalischen Cabinet mit derselben Glassorte von verschiedenen Beobachtern waren angestellt worden, $100\beta = 0,00271$ angenommen ist.

Das Verhältniß $\frac{v_0}{V_0}$ ergab sich durch Wägung der Zahl 0,003309 gleich, wovon 0,000102 auf die Capillare c trifft. In der ersten Beobachtungsreihe ist ein Glasapparat von der nämlichen Glassorte verwendet worden, dessen Capillare (c) einen ziemlich großen Durchmesser hatte, so daß es nöthig schien, für die Rechnung das Volumen v_0 zu trennen in das Volumen des Raumes mit der Spitze s , welches 0,005416, und das Volumen der Capillare, welches 0,0008546 vom Volumen V_0 betrug. Für jenen Theil wurde die Temperatur der Umgebung, für diesen aber das arithmetische Mittel der Temperaturen in V_0 und der Umgebung in Rechnung gebracht, was insofern annähernd gerechtfertigt schien, als ein Theil der Röhre (etwa $\frac{1}{3}$) wirklich in das Bad miteintauchte, ein anderer über den Kessel hineinreichte, also der von demselben aufsteigenden warmen Luft ausgesetzt war. Ich suchte diese Annahme dadurch zu prüfen, daß ich unter Voraussetzung derselben den Ausdehnungscoefficienten der Luft bestimmte. Es ergab sich aus vier Einstellungen auf den Siedepunkt und zwei auf den Nullpunkt bei derselben Füllung im Mittel $\alpha = 0,0036701$, was so nahe an den von Hrn. Magnus gefundenen Werth fällt, daß jene Annahme zulässig schien.

Die folgenden Tafeln geben eine Zusammenstellung der Beobachtungsergebnisse mit allen Elementen der Rechnung für die Temperaturen des Luftthermometers. Sie bedürfen keiner weiteren Erklärung als vielleicht der Bemerkung,

her-
den
itte
7on
der
us-
ge-
ben
ellt

ahl
afft.
von
pil-
lafs
zu
vel-
hes
heil
das
Um-
ge-
rk-
essel
var-
da-
oen
rah
wei
=
ge-
n.
der
ung
fen
ng,

Zusammenstellung der

No. des Versuchs	Reduc. Barometerstand H	Reduc. Höhe über dem Niveau h	Temperatur der Umgebung t'	$v_0 \frac{1+\beta t'}{1+\alpha t'}$	Temp. des Luftthermometers T	Temperaturangaben der Quecksilber-Thermometer (Th. 1) & (Th. 2)	Differenzen $\frac{t_1+t_2}{2} - T$		No. des Versuchs
------------------	---------------------------	---------------------------------	------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------	---	-------------------------------------	--	------------------

I. Abtheilung. (Februar 1862.)

I. Reihe.

	mm	mm							
1	717,932	79,912	11,0	0,0060142	21,24	21,42	—	0,18	16. Febr.
2	717,950	80,385	11,1	0,0060124	21,42	21,54	—	0,12	
3	717,887	80,357	11,3	0,0060088	21,38	21,54	—	0,16	
4	717,838	80,257	11,3	"	21,33	21,46	—	0,13	
5	717,465	92,002	11,7	0,0059946	25,58	25,72	—	0,14	
6	717,445	92,228	11,6	0,0059964	25,66	25,76	—	0,10	
7	717,425	92,228	11,6	"	25,65	25,76	—	0,11	
8	717,379	92,079	11,5	0,0059982	25,60	22,71	—	0,11	
9	717,214	104,823	11,8	0,0059860	30,27	30,44	—	0,17	
10	717,202	104,873	11,8	"	30,28	30,43	—	0,15	
11	717,164	104,723	11,8	"	30,21	30,34	—	0,13	
12	717,108	106,973	11,8	0,0059847	31,03	31,18	—	0,15	
13	717,014	107,198	11,8	"	31,08	31,24	—	0,16	
14	712,281	119,638	10,8	0,0059988	33,97	34,14	—	0,17	Zweiter Tag
15	712,137	122,237	11,3	0,0059898	34,89	35,09	—	0,20	17. Febr.
16	712,156	122,537	11,2	0,0059916	35,01	35,15	—	0,14	
17	712,121	122,287	11,3	0,0059898	34,90	35,09	—	0,19	
18	711,867	132,849	10,3	0,0060042	38,77	39,02	—	0,25	
19	711,889	132,849	10,2	0,0060060	38,78	39,06	—	0,28	
20	710,233	67,965	8,6	0,0060718	13,92	14,02	—	0,10	Dritter Tag
21	710,179	68,090	8,6	0,0060718	13,95	14,06	—	0,11	18. Febr.
22	710,170	68,115	8,6	"	13,95	14,06	—	0,11	
23	709,985	65,040	8,6	0,0060729	12,73	12,91	—	0,18	
24	710,417	63,186	9,6	0,0060545	12,20	12,34	—	0,14	
25	710,581	62,512	9,5	0,0060563	12,01	12,14	—	0,13	
26	716,279	24,675	10,2	0,0060620	0	—	—	—	
27	716,229	24,750	10,2	"	0	0	—	—	
28	714,659	110,150	11,1	0,0060005	31,29	31,52	31,52	0,23	Vierter Tag
29	714,659	109,750	11,1	"	31,14	31,34	31,35	0,20	19. Febr.
30	714,362	46,567	9,4	0,0060652	7,39	7,44	—	0,05	
31	714,392	46,542	9,4	0,0060652	7,39	7,44	—	0,05	

Der Nullpunkt des Luftthermometers ist durch No. 26 und 27 gegeben.

Der Ausdehnungscoefficient nach Magnus $\alpha = 0,003668$ angenommen.

II. Reihe. (April 1862.)

1	714,243	43,471	16,5	0,0031217	16,68	16,76	—	0,08	22 April (?)
2	714,243	43,571	"	"	16,71	16,77	—	0,06	
3	713,593	254,988	17,7	0,0031090	98,25	—	—	—	
4	713,443	255,088	"	"	98,24	—	—	—	
5	714,448	-0,025	12,0	0,0031706	0	—	—	—	
6	714,485	-0,100	"	"	0	0	—	—	

Aus den Beobachtungen 3 bis 6 ergibt sich der Ausdehnungscoefficient $\alpha = 0,0036730$, womit die Temperaturen in 1 und 2 gerechnet sind.

Tafel I.

ung der Beobachtungen.

No. des Versuchs	Reduc. Barometerstand H	Reduc. Höhe über dem Niveau h	Temperatur der Umgebung t'	$\frac{v_0}{V_0} \frac{1+\beta t'}{1+\alpha t'}$	Temp. des Luftthermometers T	Temperaturangaben der Quecksilber-Thermometer Th. 1) & Th. 2)	Differenzen $\frac{t_1+t_2}{2} - T$
------------------	---------------------------	---------------------------------	------------------------------	--	--------------------------------	---	-------------------------------------

III. Reihe.

1	715,685	64,975	15,0	0,0031378	25,59	25,75	25,75	0,16	23. April
2	715,735	65,125	"	"	25,67	25,89	25,87	0,21	
3	720,721	87,990	18,0	0,0031057	36,41	36,63	36,63	0,22	24. April
4	720,708	88,031	17,0	0,0031164	36,43	36,64	36,65	0,21	
5	717,888	250,725	18,0	0,0031057	98,42	—	—	—	

Der Nullpunkt des Luftthermometers ist hier aus dem Siedepunkt (No. 5) gerechnet, der Ausdehnungscoefficient nach Magnus $\alpha = 0,003668$ angenommen.

VI. Reihe.

1	718,940	11,502	16,8	0,0031185	0	0	0	—	28. April
2	718,141	133,026	19,8	0,0030868	45,48	45,66	45,68	0,19	
3	717,991	133,026	"	"	45,43	45,68	45,70	0,26	
4	717,991	133,101	"	"	45,46	45,66	45,71	0,22	
5	717,891	133,376	"	"	45,53	45,74	45,76	0,22	

Der Nullpunkt des Luftthermometers ist hier direct in schmelzendem Eis bestimmt (No. 1) der Ausdehnungscoefficient nach Magnus $\alpha = 0,003668$ angenommen.

Der Nullpunkt des Th. 1) wurde einmal bei $0^\circ,36$, das zweite Mal bei $0^\circ,38$ gefunden.

II. Abtheilung. (Juli 1862.)

V. Reihe.

					Th. I.	Th. II		
1	718,630	192,84	19,0	0,0030952	98,44	—	—	2. Juli
2	717,698	1,046	18,7	0,0030982	19,07	19,25	19,20	0,15
						0	0	
						100	100	
						0	0	
3	717,534	70,248	21,0	0,0030742	47,41	47,80	47,81	0,39
4	717,534	70,148	21,0	"	47,36	47,70	47,72	0,35
						100	100	

am folgenden Tage. 3. Juli
4. Juli

Der Nullpunkt des Luftthermometers ist aus dem Siedepunkt (No. 1) gerechnet, $\alpha = 0,003668$ angenommen.

Der Nullpunkt an Th. I stand am zweiten Tage um $0^\circ,03$, der von Th. II um $0^\circ,01$ tiefer als am ersten.

No. des Ver- suchs	Reduc. Baro- meter- stand H	Reduc. Höhe über dem Niveau h	Tempe- ratur der Umge- bung t'	$\frac{v_0}{V_0} \frac{1+\beta t'}{1+\alpha t'}$	Temp. des Luft- ther- mome- ters T	Temperatur- angaben der Quecksilber- Thermometer (Th. 1) t Th. 2)	Differenzen $\frac{t_1+t_2}{2} - T$		No. des Ver- suchs	Reduc. Baro- meter- stand H
-----------------------	---	---	--	--	--	---	--	--	-----------------------	---

I. Abtheilung. (Februar 1862.)

I. Reihe.

1	717,932	79,912	11,0	0,0060142	21,24	21,42	—	0,18	16. Febr.
2	717,950	80,385	11,1	0,0060124	21,42	21,54	—	0,12	
3	717,887	80,357	11,3	0,0060088	21,38	21,54	—	0,16	
4	717,838	80,257	11,3	"	21,33	21,46	—	0,13	
5	717,465	92,002	11,7	0,0059946	25,58	25,72	—	0,14	
6	717,445	92,228	11,6	0,0059964	25,66	25,76	—	0,10	
7	717,425	92,228	11,6	"	25,65	25,76	—	0,11	
8	717,379	92,079	11,5	0,0059982	25,60	22,71	—	0,11	
9	717,214	104,823	11,8	0,0059860	30,27	30,44	—	0,17	
10	717,202	104,873	11,8	"	30,28	30,43	—	0,15	Zweiter Tag 17. Febr.
11	717,164	104,723	11,8	"	30,21	30,34	—	0,13	
12	717,108	106,973	11,8	0,0059847	31,03	31,18	—	0,15	
13	717,014	107,198	11,8	"	31,08	31,24	—	0,16	
14	712,281	119,638	10,8	0,0059988	33,97	34,14	—	0,17	
15	712,137	122,237	11,3	0,0059898	34,89	35,09	—	0,20	
16	712,156	122,537	11,2	0,0059916	35,01	35,15	—	0,14	
17	712,121	122,287	11,3	0,0059898	34,90	35,09	—	0,19	
18	711,867	132,849	10,3	0,0060042	38,77	39,02	—	0,25	Dritter Tag 18. Febr.
19	711,889	132,849	10,2	0,0060060	38,78	39,06	—	0,28	
20	710,233	67,965	8,6	0,0060718	13,92	14,02	—	0,10	
21	710,179	68,090	8,6	0,0060718	13,95	14,06	—	0,11	
22	710,170	68,115	8,6	"	13,95	14,06	—	0,11	
23	709,985	65,040	8,6	0,0060729	12,73	12,91	—	0,18	
24	710,417	63,186	9,6	0,0060545	12,20	12,34	—	0,14	
25	710,581	62,512	9,5	0,0060563	12,01	12,14	—	0,13	
26	716,279	24,675	10,2	0,0060620	0	—	—	—	Vierter Tag 19. Febr.
27	716,229	24,750	10,2	"	0	0	0	—	
28	714,659	110,150	11,1	0,0060005	31,29	31,52	31,52	0,23	
29	714,659	109,750	11,1	"	31,14	31,34	31,35	0,20	
30	714,362	46,567	9,4	0,0060652	7,39	7,44	—	0,05	
31	714,392	46,542	9,4	0,0060652	7,39	7,44	—	0,05	

Der Nullpunkt des Luftthermometers ist durch No. 26 und 27 gegeben.
Der Ausdehnungscoefficient nach Magnus $\alpha = 0,003668$ angenommen.

II. Reihe. (April 1862.)

1	714,243	43,471	16,5	0,0031217	16,68	16,76	—	0,08	22 April (?)
2	714,243	43,571	"	"	16,71	16,77	—	0,06	
3	713,593	254,988	17,7	0,0031090	98,25	—	—	—	
4	713,443	255,088	"	"	98,24	—	—	—	
5	714,448	-0,025	12,0	0,0031706	0	—	—	—	
6	714,485	-0,100	"	"	0	0	—	—	

Aus den Beobachtungen 3 bis 6 ergibt sich der Ausdehnungscoefficient $\alpha = 0,0036730$, womit die Temperaturen in 1 und 2 gerechnet sind.

No. des Ver- suchs	Reduc. Baro- meter- stand H
-----------------------	---

1	715,6
2	715,7
3	720,7
4	720,7
5	717,8

Der
(No. 5) g
angenomm

1	718,9
2	718,1
3	717,9
4	717,9
5	717,8

De
Eis bestim
angenomm
De
bei 0°, 38

1	718,6
2	717,6

3	717,5
4	717,5

De
gerechnet
De
Th. II um

No. des Versuches	Reduc. Barometerstand H	Reduc. Höhe über dem Niveau h	Temperatur der Umgebung t'	$\frac{v_0}{V_0} \frac{1+\beta t'}{1+\alpha t'}$	Temp. des Luftthermometers T	Temperaturangaben der Quecksilber-Thermometer (Th. 1) & (Th. 2)	Differenzen $\frac{t_1+t_2}{2} - T$	
-------------------	---------------------------	---------------------------------	------------------------------	--	--------------------------------	---	-------------------------------------	--

III. Reihe.

1	715,685	64,975	15,0	0,0031378	25,59	25,75	25,75	0,16	23. April
2	715,735	65,125	"	"	25,67	25,89	25,87	0,21	
3	720,721	87,990	18,0	0,0031057	36,41	36,63	36,63	0,22	24. April
4	720,708	88,031	17,0	0,0031164	36,43	36,64	36,65	0,21	
5	717,888	250,725	18,0	0,0031057	98,42	—	—	—	

Der Nullpunkt des Luftthermometers ist hier aus dem Siedepunkt (No. 5) gerechnet, der Ausdehnungscoefficient nach Magnus $\alpha = 0,003668$ angenommen.

VI. Reihe.

1	718,940	11,502	16,8	0,0031185	0	0	0	—	28. April
2	718,141	133,026	19,8	0,0030868	45,48	45,66	45,68	0,19	
3	717,991	133,026	"	"	45,43	45,68	45,70	0,26	
4	717,991	133,101	"	"	45,46	45,66	45,71	0,22	
5	717,891	133,376	"	"	45,53	45,74	45,76	0,22	

Der Nullpunkt des Luftthermometers ist hier direct in schmelzendem Eis bestimmt (No. 1) der Ausdehnungscoefficient nach Magnus $\alpha = 0,003668$ angenommen.

Der Nullpunkt des Th. 1) wurde einmal bei $0^{\circ},36$, das zweite Mal bei $0^{\circ},38$ gefunden.

II. Abtheilung. (Juli 1862.)

V. Reihe.

					Th. I.	Th. II		
1	718,630	192,84	19,0	0,0030952	98,44	—	—	2. Juli
2	717,698	1,046	18,7	0,0030982	19,07	19,25	19,20	0,15
						0	0	
						100	100	
						0	0	
3	717,534	70,248	21,0	0,0030742	47,41	47,80	47,81	0,39
4	717,534	70,148	21,0	"	47,36	47,70	47,72	0,35
						100	100	

Der Nullpunkt des Luftthermometers ist aus dem Siedepunkt (No. 1) gerechnet, $\alpha = 0,003668$ angenommen.

Der Nullpunkt an Th. I stand am zweiten Tage um $0^{\circ},03$, der von Th. II um $0^{\circ},01$ tiefer als am ersten.

No. des Versuchs	Reduc. Barometerstand H	Reduc. Höhe über dem Niveau h	Temperatur der Umgebung t'	$\frac{v_0}{V_0} \frac{1+\beta t'}{1+\alpha t'}$	Temp. des Luftthermometers T	Temperaturangaben der Quecksilberthermometer Th. I) & Th. II)	Differenzen $\frac{t_1+t_2}{2} - T$	No. des Versuchs	Reduc. Barometerstand H
------------------	---------------------------	---------------------------------	------------------------------	--	--------------------------------	---	-------------------------------------	------------------	---------------------------

VI. Reihe.

	mm	mm			98,28	Th. I.	Th. II.		
1	714,578	188,34	20,7	0,0030774	98,28	—	—		5. Juli
						0	0		
2	713,439	2,79	21,2	0,0030722	20,72	20,89	20,89	0,17	
3	712,434	71,915	22,6	0,0030639	48,95	49,11	49,08	0,14	
4	712,434	72,014	22,7	"	48,99	49,14	49,13	0,14	
							100		

Der Nullpunkt des Luftthermometers ist wieder aus dem Siedepunkte (No. 1) gerechnet, $\alpha = 0,003668$.

Der Nullpunkt an Th. II. stand um $0^{\circ},05$ höher als bei der letzten Vergleichung (V.)

VII. Reihe.

1	717,045	296,18	21,0	0,0030742	98,38	0	0		6. Juli
2	717,232	29,989	20,5	0,0030794	0				7. Juli
3	717,032	30,089	20,4	0,0040804	0				
4	717,255	87,258	20,5	0,0030794	21,13	21,37	21,42	0,26	

Aus den Beobachtungen 1 bis 3 ergibt sich der Ausdehnungscoefficient der Luft $\alpha = 0,0036714$.

Der Nullpunkt des Th. II stand um $0^{\circ},07$ tiefer als bei der letzten Kontrolle (VI), während der Nullpunkt des Th. I.) (von Fastré) bei den zwei Kontrollen in (VI) und (VII) constant bei $0^{\circ},38$ gefunden wurde.

III. Abtheilung. (Februar 1863.)

VIII. Reihe.

1	723,553	350,040	7,7	0,0032189	98,63	—	—	—	23. Febr.
2	723,301	68,037	7,2	0,0032245	0	—	—	—	
3	721,350	352,120	8,3	0,0032121	98,55	—	—	—	
4	722,802	86,316	7,0	0,0032268	6,19	6,21	6,22	0,02	
5	722,802	108,270	8,0	0,0032154	13,84	13,86	13,93	0,05	
6	721,576	187,940	8,5	0,0032098	41,21	41,39	41,48	0,22	
7	721,476	187,890	8,5	"	41,16	41,34	41,48	0,25	
8	721,050	228,770	8,7	0,0032075	55,30	55,34	55,36	0,05*)	
						0	0	—	

*) Die Beobachtung No. 8 ist durch »ungünstige Umstände« im Beobachtungs-Journal bezeichnet; sie wurde bei einbrechender Dunkelheit gemacht, ohne daß das Maximum der Tem-

mm
9 722,7
10 723,2
11 723,2
12 723,3
13 723,3
14 723,9
15 723,9
16 723,9

D
nach No.
C
Ausdehnung

mm
1 727,8
2 727,8
3 727,3
4 727,1
5 727,1
6 727,1
7 729,1
8 728,6
9 727,4
10 727,3
11 727,1

A
coefficient

Th. II in
Th. I in

No. des Versuchs	Reduc. Barometerstand H	Reduc. Höhe über dem Niveau h	Temperatur der Umgebung t'	$\frac{v_0}{V_0} \frac{1+\beta t'}{1+\alpha t'}$	Temp. des Luftthermometers T	Temperaturangaben der Quecksilber-Thermometer (Th. I) t (Th. II)	Differenzen $\frac{t_1+t_2}{2} - T$	
9	722,776	123,645	8,1	0,0032143	19,19	19,30 19,24	0,08	Zweiter Tag 24. Febr.
10	723,210	145,553	8,4	0,0032109	26,98	27,13 27,16	0,16	
11	723,254	212,626	9,8	0,0031951	50,34	50,50 50,53	0,17	
12	723,304	212,101	»	»	50,17	50,37 50,39	0,21	
13	723,304	212,126	»	»	50,18	50,40 50,39	0,21	
14	723,941	242,841	9,4	0,0031996	61,14	61,36 61,38	0,23	
15	723,941	243,000	9,2	0,0032019	61,19	61,39 61,38	0,19	
16	723,967	67,542	8,9	0,0032053	0	0 —		

Der Nullpunkt des Th. I wurde in No. 16 ebenda gefunden, wo er nach No. 8 lag.

Combinirt man die Beobachtungen 1, 2, 3, 16 zur Berechnung des Ausdehnungscoefficienten der Luft, so erhält man

aus 1 und 2 $\alpha = 0,0036689$

aus 2 und 3 $\alpha = 0,0036702$

aus 1 und 16 $\alpha = 0,0036661$

aus 2 und 16 $\alpha = 0,0036674$

Mittel $\alpha = 0,0036681$

XI. Reihe.

1	727,817	345,030	9,1	0,0032030	98,79	—	—	—	25. Febr.
2	727,827	62,925	7,7	0,0032189	0	—	0	—	
3	727,325	237,320	9,8	0,0031951	60,86	61,05	60,99	0,16	
4	727,175	237,670	9,8	"	60,93	61,22	61,13	0,24	
5	727,125	237,245	9,8	"	60,77	60,95	60,90	0,15	
6	727,159	266,438	9,4	0,0031996	71,00	71,17	71,07	0,12	
7	729,115	344,090	6,8	0,0032291	98,835	—	—	—	
8	728,684	121,914	7,9	0,0032166	20,99	21,11	21,03	0,08	Zweiter Tag 26. Febr.
9	727,418	202,858	9,2	0,0032019	48,83	49,02	49,05	0,20	
10	727,368	203,000	9,3	0,0032008	48,80	49,02	49,05	0,17	
11	727,128	63,286	8,9	0,0032053	0	0	0	—	

Aus den Beobachtungen 1, 2, 7, 12 berechnet sich der Ausdehnungscoefficient der Luft wie folgt:

aus 1 und 2 $\alpha = 0,0036634$

aus 1 und 12 $\alpha = 0,0036695$

aus 2 und 7 $\alpha = 0,0036669$

aus 7 und 12 $\alpha = 0,0036729$

Mittel $\alpha = 0,0036682$

In No. 2 zeigte sich noch keine Verrückung des Nullpunkts; an Th. II in No. 12 war derselbe um 0°,32 gefallen und der Nullpunkt des Th. I um 0°,05. (Folgt der Siedepunkt)

No. des Versuchs	Reduc. Barometerstand H	Reduc. Höhe über dem Niveau h	Temperatur der Umgebung t'	$\frac{v_0}{V_0} \frac{1+\beta t'}{1+\alpha t'}$	Temp. des Luftthermometers T	Temperaturangaben der Quecksilber-Thermometer Th. I) & Th. II)	Differenzen $\frac{t_1+t_2}{2} - T$	No. des Versuchs
------------------	---------------------------	---------------------------------	------------------------------	--	--------------------------------	--	-------------------------------------	------------------

VI. Reihe.

	mm	mm	°		°	Th. I.	Th. II.		
1	714,578	188,34	20,7	0,0030774	98,28	—	—		5. Juli
						0	0		
2	713,439	2,79	21,2	0,0030722	20,72	20,89	20,89	0,17	
3	712,434	71,915	22,6	0,0030639	48,95	49,11	49,08	0,14	
4	712,434	72,014	22,7	"	48,99	49,14	49,13	0,14	
							100		

Der Nullpunkt des Luftthermometers ist wieder aus dem Siedepunkte (No. 1) gerechnet, $\alpha = 0,003668$.

Der Nullpunkt an Th. II. stand um 0°,05 höher als bei der letzten Vergleichung (V.)

VII. Reihe.

1	717,045	296,18	21,0	0,0030742	98,38	0	0		6. Juli
2	717,232	29,989	20,5	0,0030794	0				7. Juli
3	717,032	30,089	20,4	0,0040804	0				
4	717,255	87,258	20,5	0,0030794	21,13	21,37	21,42	0,26	

Aus den Beobachtungen 1 bis 3 ergibt sich der Ausdehnungscoefficient der Luft $\alpha = 0,0036714$.

Der Nullpunkt des Th. II stand um 0°,07 tiefer als bei der letzten Kontrolle (VI), während der Nullpunkt des Th. I.) (von Fastré) bei den zwei Kontrollen in (VI) und (VII) constant bei 0°,38 gefunden wurde.

III. Abtheilung. (Februar 1863.)

VIII. Reihe.

1	723,553	350,040	7,7	0,0032189	98,63	—	—	—	23. Febr.
2	723,301	68,037	7,2	0,0032245	0	—	—	—	
3	721,350	352,120	8,3	0,0032121	98,55	—	—	—	
4	722,802	86,316	7,0	0,0032268	6,19	6,21	6,22	0,02	
5	722,802	108,270	8,0	0,0032154	13,84	13,86	13,93	0,05	
6	721,576	187,940	8,5	0,0032098	41,21	41,39	41,48	0,22	
7	721,476	187,890	8,5	"	41,16	41,34	41,48	0,25	
8	721,050	228,770	8,7	0,0032075	55,30	55,34	55,36	0,05*)	
						0	0	—	

*) Die Beobachtung No. 8 ist durch „ungünstige Umstände“ im Beobachtungs-Journal bezeichnet; sie wurde bei einbrechender Dunkelheit gemacht, ohne daß das Maximum der Temperatur war abgewartet worden.

No. des Versuchs	Reduc. Barometerstand H	Reduc. Höhe über dem Niveau A	Temperatur der Umgebung t'	$\frac{v_0}{V_0} \frac{1+\beta t'}{1+\alpha t'}$	Temp. des Luftthermometers T	Temperaturangaben der Quecksilberthermometer (Th. I) t (Th. II)		Differenzen $\frac{t_1+t_2}{2} - T$	
9	722,776	123,645	8,1	0,0032143	19,19	19,30	19,24	0,08	Zweiter Tag 24. Febr.
10	723,210	145,553	8,4	0,0032109	26,98	27,13	27,16	0,16	
11	723,254	212,626	9,8	0,0031951	50,34	50,50	50,53	0,17	
12	723,304	212,101	"	"	50,17	50,37	50,39	0,21	
13	723,304	212,126	"	"	50,18	50,40	50,39	0,21	
14	723,941	242,841	9,4	0,0031996	61,14	61,36	61,38	0,23	
15	723,941	243,000	9,2	0,0032019	61,19	61,39	61,38	0,19	
16	723,967	67,542	8,9	0,0032053	0	0	—	—	

Der Nullpunkt des Th. I wurde in No. 16 ebenda gefunden, wonach No. 8 lag.

Combinirt man die Beobachtungen 1, 2, 3, 16 zur Berechnung der Ausdehnungscoefficienten der Luft, so erhält man

aus 1 und 2	$\alpha = 0,0036689$
aus 2 und 3	$\alpha = 0,0036702$
aus 1 und 16	$\alpha = 0,0036661$
aus 2 und 16	$\alpha = 0,0036674$
Mittel	$\alpha = 0,0036681$

XI. Reihe.

1	727,817	345,030	9,1	0,0032030	98,79	—	—	—	25. Febr.
2	727,827	62,925	7,7	0,0032189	0	—	0	—	
3	727,325	237,320	9,8	0,0031951	60,86	61,05	60,99	0,16	Zweiter Tag 26. Febr.
4	727,175	237,670	9,8	"	60,93	61,22	61,13	0,24	
5	727,125	237,245	9,8	"	60,77	60,95	60,90	0,15	
6	727,159	266,438	9,4	0,0031996	71,00	71,17	71,07	0,12	
7	729,115	344,090	6,8	0,0032291	98,835	—	—	—	
					100	100	—	—	
8	728,684	121,914	7,9	0,0032166	20,99	21,11	21,03	0,08	
9	727,418	202,858	9,2	0,0032019	48,83	49,02	49,05	0,20	
10	727,368	203,000	9,3	0,0032008	48,80	49,02	49,05	0,17	
11	727,128	63,286	8,9	0,0032053	0	0	0	—	

Aus den Beobachtungen 1, 2, 7, 12 berechnet sich der Ausdehnungscoefficient der Luft wie folgt:

aus 1 und 2	$\alpha = 0,0036634$
aus 1 und 12	$\alpha = 0,0036695$
aus 2 und 7	$\alpha = 0,0036669$
aus 7 und 12	$\alpha = 0,0036729$
Mittel	$\alpha = 0,0036682$

In No. 2 zeigte sich noch keine Verrückung des Nullpunkts; an Th. II in No. 12 war derselbe um 0°,32 gefallen und der Nullpunkt des Th. I um 0°,05. (Folge der Siedpunktsbestimmung nach No. 7).

da
te
pr
be
da
la
lu
w
ei
de
B
fr

lu
g
d
v
B
w
w
g
g
w
d
s
d
c
a
E
h
v
L

dafs durch die in den Rubriken der Quecksilberthermometer eingetragenen Zeichen 0 und 100 Controlen des Nullpunkts und Siedepunkts angezeigt werden, welche in der bezeichneten Reihenfolge vorgenommen worden sind, und dafs jeder der 9 Beobachtungsreihen, welche mit den fortlaufenden römischen Ziffern bezeichnet sind, eine neue Füllung des Ballons mit Luft vorausging. Auszuschliessen wäre nur No. 8 der dritten Abtheilung gewesen, welche eilig bei noch steigender Temperatur gemacht wurde, hier der Vollständigkeit wegen eingetragen ist. Sie kann als Beleg dienen, dafs das Luftthermometer die Temperaturen früher annahm als die Quecksilber-Thermometer.

(Hier folgt Tafel 1.)

Schon die Beobachtungen in den beiden ersten Abtheilungen schienen ausser Zweifel zu setzen, dafs Abweichungen des Quecksilberthermometers vom Luftthermometer in dem Sinne und von der Gröfse stattfinden, wie sie schon von Regnault beobachtet worden. Indessen waren die Beobachtungsfehler insbesondere in der Abtheilung II, in welcher die erst neu angefertigten Thermometer verglichen worden sind, noch viel zu grofs (Vergl. die Beobachtungen V_3 und VII_3), als dafs man sich dabei hätte beruhigen können. Auch der Ausdehnungscoëfficient der Luft war in beiden Bestimmungen etwas gröfser ausgefallen als die Mittelwerthe von Magnus und Regnault ¹⁾, ein Umstand, welcher der Gröfse seines Einflusses gemäß zwar das Resultat nur um wenige Hundertel von Graden unsicher machen kann, aber doch als eine Unvollkommenheit anzusehen war, von der man die Arbeit befreien konnte. Es wurde deshalb, nachdem einerseits die neuen Quecksilberthermometer abgelagert, andererseits der Trockenapparat verbessert und die etwas gekrümmte Mefsröhre NM des Luftthermometers durch eine gerade ersetzt war, die Ar-

1) Sie liegen übrigens innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler, da da der höchste Werth, den Regnault findet, 0,0036747, bei Magnus, 0,0036790 ist.

beit nochmals aufgenommen und führte durch die Beobachtungen der Abtheilung III zu Resultaten, womit man die Untersuchung für beendet halten durfte. Denn erstlich zeigten die Nullpunkte der Quecksilberthermometer bei den Controlen vor und nach den Vergleichen keine Verrückungen bis nach der endlichen Bestimmung des Siedepunktes; und wären wirklich solche Verrückungen momentan während der Vergleichung selbst vorgekommen, so daß sich der alte Nullpunkt erst nachher wieder hergestellt hätte, so müssen dieselben, da sie erfahrungsgemäß bei Temperaturerhöhungen vertical eintauchender Thermometer ausnahmslos als *Depressionen des Nullpunktes* auftreten ¹), die Angaben der Quecksilberthermometer erniedrigt und also dem Luftthermometer näher gebracht haben. Würden daher solche Verrückungen nachtheiligen Einfluß auf die Resultate geübt haben, so müßte man die Abweichungen des Quecksilberthermometers und Luftthermometers in demselben Sinne, wie sie die Beobachtung ergibt, nur noch *größer* annehmen, was aus andern Gründen unzulässig erscheint. Die Angaben der beiden Quecksilberthermometer treffen durchaus so nahe zusammen, daß die mittlere Abweichung in den Beobachtungen, in welchen die neuen Thermometer verwendet wurden, $0^{\circ},043$ beträgt ²). Ferner stimmen in beiden Versuchsreihen der Abtheilung III die für den Ausdehnungscoefficienten der Luft erhaltenen Mittelwerthe unter sich und mit dem von Magnus gefun-

1) Man findet unten zahlreiche Beobachtungen als Belege für diese Behauptung aufgeführt, für welche auch die Erfahrungen von Egen (Pogg. Annalen Bd. 11, S. 353) und Henrici (Pogg. Annalen Bd. 50, S. 251) sprechen. J. J. Pierre beobachtete bei *horizontal* eintauchenden Thermometern in dieser Beziehung gar keine Regelmäßigkeit (*Annales de chim. et de phys. T. VI* 1842).

2) Bei richtiger Schätzung der Zehntel von Millimetern, wurden am Th. I noch $0^{\circ},03$ am Th. II $0^{\circ},05$ abgelesen. Selbstverständlich sind dabei die Angaben sowohl der Quecksilberthermometer als des Luftthermometers stets auf den Nullpunkt bezogen, dessen Bestimmung der Beobachtungszeit zunächst liegt, und das Intervall der ersten Thermometer von diesem Nullpunkt und dem zunächst bestimmten Siedepunkt hergenommen. Vergl. den Anhang.

denen auf das Beste überein. Endlich steht unter den 19 Beobachtungen der letzten Abtheilung nur ein Resultat vereinzelt: No. 8 der ersten Reihe, welches dem Beobachtungsjournal gemäß auszuschließen ist. Vergleichen über 70° wurden vermieden, weil nach den Beobachtungen von Henrici hier schon merkliche Depressionen des Nullpunkts zu fürchten sind, denen ich die Thermometer nicht ohne Noth aussetzen wollte. Die Siedepunktsbestimmung gegen das Ende der neunten Reihe (Abth. III) war zur genauen Ermittlung des Intervalls nothwendig und die unmittelbar folgenden, zwischen Siedpunkts- und Nullpunkts-Bestimmung fallenden Vergleichen wurden hauptsächlich darum gemacht, dafs von den Folgen

Siedepunkt — Nullpunkt — Messung

Nullpunkt — Messung — Siedepunkt

Siedepunkt — Messung — Nullpunkt

jede in diesen Beobachtungen vertreten sey. Ich kann zwar schon hier bemerken, dafs meinen Erfahrungen gemäß die zweite Folge dann bei weitem den Vorzug verdient, wenn vor der Bestimmung des Nullpunkts mehrere Tage der Ruhe für die Thermometer (Zimmertemperatur) vorhergegangen sind, werde aber unten bei Gelegenheit der Bestimmung des mittleren Fehlers auf die Kritik dieser Methoden noch eingehender zurückkommen.

Die Temperaturangaben der Quecksilberthermometer sind hier so eingetragen, wie sie der Beobachtung unmittelbar entnommen sind. Sie müssen indessen, ehe man sie weiter und speciell zur Ableitung der scheinbaren Ausdehnung verwendet, noch eine Correctur ¹⁾ erfahren, welche durch einen kleinen Unterschied zwischen dem definirten Grade und dem direct abgelesenen hereingebracht wird. Man nennt den hundertsten Theil des *Volumens Quecksilber*, welches bei der Erwärmung des Thermometers von der Temperatur des schmelzenden Schnees bis zu der Tempe-

1) Diese Correctur hat Hr. Poggendorff im 41. Bande seiner Annalen S. 372 gegeben.

ratur des bei 760^{mm} Druck gesättigten Wasserdampfs über die Marke 0 herausgetreten ist, einen Grad, misst aber dieses Volumen in einer cylindrischen Röhre, welche selbst die Temperatur hat, die bestimmt werden soll. Sie ist also nicht immer gleich weit, und es ist deutlich, daß sie wenn der Quecksilberfaden bei 50° steht, nicht gerade die Hälfte des Quecksilbers faßt, welches sie bei 100° enthalten hat, sondern weniger, so daß das Einstehen des Fadens auf 50° nicht die oben definirten 50 Grade anzeigt, sondern eine etwas tiefere Temperatur, die man allgemein erhält, wenn man die Anzahl der abgelesenen Grade t mit dem Factor $\frac{1+\beta t}{1+\beta 100}$ multiplicirt, worin β den cubischen Ausdehnungscoefficienten des Glases bezeichnet. Statt dieses Factors läßt sich mit hinreichender Annäherung der Subtrahend

$$\beta(100 - t)t$$

setzen, der an der abgelesenen Temperatur t zur Reduction auf die definitive Temperatur (des Quecksilberthermometers) anzubringen ist.

Es läßt sich leicht nachweisen, daß die eben erwähnte Correctur auch an die durch Gewichtsthermometer angezeigten Temperaturen anzubringen ist, wenn man letztere nach den von den HH. Magnus und Regnault angewandten abgekürzten Formeln gerechnet hat. Da diese Correctur bei 300° schon sehr nahe 2° beträgt, darf sie nicht vernachlässigt werden.

Wenn man nun die zwischen den Angaben des Quecksilberthermometers und Luftthermometers beobachteten Differenzen als Ordinaten zu den entsprechenden Temperaturen des Luftthermometers aufträgt, und der durch sie bestimmten Linie zur Elimination der zufälligen Beobachtungsfehler einen mittleren Curvenzug substituirt, so gewinnt man folgende

Reductionstafel der Temperaturangaben des Quecksilberthermometers
auf die des Luftthermometers.

Temperaturangabe des Luftthermometers	Temperaturangabe des Quecksilberthermometers	
	Corrigirte Ablesung	Directe Ablesung
10°	10°,06	10°,08
20	20,10	20,14
30	30,13	30,18
40	40,14	40,20
50	50,13	50,20
60	60,12	60,18
70	70,09	70,14
80	80,06	80,10
90	90,03	90,05
100	100,00	100,00

Ableitung des mittleren Beobachtungsfehlers.

Hiernach ergeben sich die Beobachtungsfehler in Hunderteln von Graden in der Reihenfolge der Beobachtungen aufgeführt:

I. Abtheilung.	II. Abtheilung.	III. Abtheilung.
$R - B$	$R - B$	$R - B$
- 4 0	- 2	+ 3
+ 2 - 1	- 19	+ 5
- 2 - 1	- 15	- 2
+ 1 - 8	- 3	- 5
- 1 - 5	+ 6	+ 5
+ 3 - 4	+ 6	+ 1
+ 2 - 5	- 12	+ 3
+ 2 - 2		- 1
+ 1 + 1		- 1
+ 3 + 1		- 5
+ 5 + 4		- 1
+ 3 + 6		+ 2
+ 2 0		- 6
+ 1 + 5		+ 3
- 1 - 3		+ 2
+ 5 - 2		+ 6
0 + 1		0
- 5 - 6		+ 3
- 8 - 2		
- 2		

Die Fehler der dritten Abtheilung, deren Beobachtungen nach vorausgegangener langer Ruhe der Thermometer so angestellt wurden, daß die zur genauen Ermittlung des Intervalls nöthige Siedepunktsbestimmung an das Ende der Vergleichen verlegt wurde, übertreffen um nichts die der ersten Abtheilung, in welcher mehrere Jahre alte Thermometer von unveränderlichem Nullpunkte nur bis zu Temperaturen von 45° benutzt worden sind. Hingegen geben die starken Differenzen der II. Abtheilung ein abschreckendes Beispiel gegen die dort angewandte Methode. Die Normalthermometer sind hier bald nach ihrer Aufertigung verglichen, in welche Zeit bekanntlich ohnedieß die bedeutendsten Verrückungen des Nullpunkts fallen. Dazu kommt, daß häufige Siedepunktsbestimmungen zwischen die Vergleichen eingeschoben wurden, welche jedesmal eine momentane Erniedrigung bewirken. (Vergl. den Anhang), so daß die Temperaturmessung stets in die Zeit der Hebung des Nullpunktes und folglich zu hoch ausfällt, wenn sie auf einen vor der Messung und nach dem Siedepunkt bestimmten Nullpunkt bezogen wird; zu tief hingegen, wenn der Nullpunkt erst *nach* der Messung bestimmt wird. Man wird also beide Methoden, sowohl die Folge:

Siedepunkt-Nullpunkt-Beobachtung,

welche von Henrici vorgeschlagen ist, als die zweite

Siedepunkt-Beobachtung-Nullpunkt

vermeiden, und vielmehr die Siedepunkts-Controle erst *nach* der Messung selbst vornehmen. Findet man vor und nach der Messung den Nullpunkt an derselben Stelle, während man die gemessene Temperatur selbst mittelst des durch die *folgende* Siedepunktsbestimmung ermittelten Intervalls rechnet, so wird man jeden Grund des Zweifels in eine normale Temperaturbestimmung vermieden haben. Die Erfüllung der ersteren von beiden Bedingungen wird man aber nur dann mit einiger Zuversicht erwarten können, wenn man die Thermometer vorher längere Zeit höheren Temperaturen als etwa 50° nicht ausgesetzt hat, und zugleich die gemessene Temperatur selbst nicht weit über

dieser Gränze liegt. Was das Letztere betrifft, so wird wohl die Individualität des benutzten Thermometers entscheiden, denn es zeigten z. B. die Thermometer I. und II. nach Temperaturerhöhungen bis zu 61° keine Depression des Nullpunkts, während Henrici in diesem Falle eine solche im Betrage von $0^{\circ},1$ an seinem Thermometer bemerkt hat.

Da man die großen Fehler der II. Abtheilung einer ungeschickten Behandlung der Quecksilberthermometer zuschreiben muß, so wird man, um ein genähertes Maafs für die Sicherheit einer Temperaturbestimmung mit Prof. Jolly's Construction des Luftthermometers zu erhalten, nur die 57 Beobachtungen der I. und III. Abtheilung zur Ableitung des *mittleren Fehlers* benutzen. Dieser berechnet sich als Quadratwurzel aus der durch die Anzahl der Beobachtungen ¹⁾ dividirten Quadratsumme der Fehler zu $0^{\circ},035$ und daraus ergibt sich

$$0^{\circ},023$$

als *wahrscheinlicher Fehler* einer Beobachtung. Von den 57 beobachteten Fehlern fallen 30 zwischen 0 und den wahrscheinlichen Fehler (soll die Hälfte), 41 bis 51 (je nachdem man 0,05 mitrechnet oder nicht) zwischen 0 und das Doppelte dieses Fehlers (soll 46) und der dreifache Betrag desselben wird nur zweimal überschritten, so daß den Anforderungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung vorzüglich genügt ist.

Verbesserte Tafeln für die Ausdehnungscoefficienten des ordinären Glases und des Quecksilbers.

Es ist schon oben erwähnt worden, daß die aus Regnaults Tafeln berechneten Temperaturangaben des Quecksilberthermometers, wie sie den einzelnen Scalenpunkten des Luftthermometers entsprechen sollen, von den Resultaten seiner Vergleichen zwischen 0° und 100° , mit welchen auch die von mir gewonnenen nahe übereinstimmen.

1) Es wird hier der Einfachheit wegen allen diesen 57 Beobachtungen das gleiche Gewicht beigelegt, obwohl denen der dritten Abtheilung offenbar die größte Zuverlässigkeit zukommt.

men, nicht unerheblich abweichen. Diefs ist in noch höherem Grade über 100 der Fall ¹⁾. Es ist also eine Revision dieser Tafeln geboten.

Versteht man unter t die corrigirte Ablesung am Quecksilberthermometer, unter q_0 das Volumen irgend einer Masse Quecksilber bei 0° und den cubischen Inhalt des dasselbe umschliessenden Glases, unter q_t und Q das Volumen des Quecksilbers beziehungsweise bei t° und 100°, unter v_t und V den cubischen Inhalt des Glases bei t° und 100°, so ist

$$t = 100 \frac{q_t - v_t}{Q - V}.$$

Aus dieser Gleichung läßt sich $q_t - v_t$ als aliquoter Theil der Differenz $Q - V$ rechnen, welche man durch einen leichten dilatometrischen Versuch erhält, und aus den Vergleichen beider Thermometer kennt man jene Temperatur des Luftthermometers, zu welcher die Volumina q_t des Quecksilbers und v_t des Glases gehören, deren Differenz man gefunden hat. Kennt man dazu noch die absolute Ausdehnung des einen von beiden Körpern, des Quecksilbers ($q_t - q_0$) oder des Glases ($v_t - q_0$), so läßt sich die des andern aus den bekannten Werthen der Differenz $q_t - v_t$ berechnen, welche man scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers im Glase nennen kann. Hr. Regnault hat nun auch Versuche über die absolute Ausdehnung des Quecksilbers gemacht, aus denen man entnimmt, daß das Volumen (q_t) des Quecksilbers, wenn es bei 0° C. ... 1 ist, bei 100° C. ... 1,018153, bei 200° C. ... 1,036810 ist. Die scheinbare Ausdehnung ($q_t - v_t$) des Quecksilbers im ordinären Glase ist zwischen 0° und 100° nach Regnault ... 0,015392, zwischen 0° und 200° nach dessen thermometrischen Versuchen 0,030827. Folglich ist 1,002761 das Volumen des ordinären Glases bei 100°, 1,005984 bei 200°, wenn es bei 0° C. ... 1 ist.

Man sieht aus den letzten beiden Werthen, daß der Ausdehnungscoëfficient des ordinären Glases nicht constant

1) Die Differenz beträgt 0°,50 bei 150°, 1°,09 bei 200°, 1°,38 bei 250°, 1°,17 bei 300°.

ist, sondern mit der Temperatur wächst. Setzt man daher in der einfachsten Form

$$\beta = a + bt$$

und bestimmt die Constanten a und b aus den angeführten Versuchsergebnissen, so erhält man

$$100\beta = 0,002531 + 0,0000023t.$$

Benutzt man diese Formel zur Herstellung der Glasvolumina (v) und verbindet damit die Resultate der thermometrischen Versuche, so läßt sich der Gang des Quecksilber-Ausdehnungscoefficienten zwischen 0° und 200° ermitteln. Das so Gewonnene ist in folgender Tafel zusammengestellt.

Tafel für die Ausdehnung des ordinären Glases und des Quecksilbers zwischen 0° und 200° .

Temperatur des Luft- thermo- meters T	Mittlerer Aus- dehnungscoëf- ficient des Glases β	Mittlerer Aus- dehnungscoëf- ficient des Quecksilbers γ	Differenzen von γ
10°	0,00002554	0,00018038	
20	0,00002577	0,00018047	9
30	0,00002600	0,00018057	10
40	0,00002623	0,00018068	11
50	0,00002646	0,00018079	11
60	0,00002669	0,00018091	12
70	0,00002692	0,00018104	13
80	0,00002715	0,00018119	15
90	0,00002738	0,00018135	16
100	0,00002761	0,00018153	18
110	0,00002784	0,00018174	21
120	0,00002807	0,00018198	24
130	0,00002830	0,00018222	24
140	0,00002853	0,00018246	24
150	0,00002877	0,00018270	24
160	0,00002900	0,00018295	25
170	0,00002923	0,00018321	26
180	0,00002946	0,00018348	27
190	0,00002969	0,00018376	28
200	0,00002992	0,00018405	29

Die in dieser Tafel verzeichneten Werthe von β und γ stellen die thermometrischen Versuche Regnault's und meine eigenen vollkommen dar und schliessen sich zugleich

besser an Regnault's Versuche über die absolute Ausdehnung des Quecksilbers an, als die von ihm gegebene empirische Formel und die nach derselben berechnete Tafel; außerdem hat der hier hervortretende Gang der Werthe von γ die Analogie der übrigen Flüssigkeiten für sich.

Versucht man diese Tafel über 200° hinaus auszudehnen, so kommt man, wenn man nicht das sonderbare Zugeständniß machen will, daß der Ausdehnungscoefficient des Glases von da an langsamer zunehme und endlich gar abnehme, mit den Versuchsergebnissen Regnault's in Collision, und die Differenz beträgt mehre Grade. Man kann also nicht sagen, daß die wichtige Frage nach der Ausdehnung des Quecksilbers und des ordinären Glases über 200° hinaus schon in befriedigender Weise gelöst sey. (Eine ausführlichere Kritik findet man in der vollständigen Abhandlung).

Anhang.

Es ist noch übrig, theilweise als Beleg für das im Vorausgehenden Behauptete die zahlreichen Bestimmungen der fixen Punkte an den Quecksilberthermometern hier einzutragen, welche ich vom Mai 1862 bis Februar 1863 vorgenommen habe, theils, um in einem speciellen Falle die Lage jener Punkte zu kennen, theils auch um Anhaltspunkte für den Grund und die Art ihrer Veränderlichkeit zu gewinnen. Im Allgemeinen werden dadurch die schon oben citirten Beobachtungen von Egen durchaus bestätigt. Die erste Spalte der folgenden Tafel enthält die Ordnungszahl des Versuchs, die zweite die Zeit der Bestimmung, die dritte jene Marke der (willkürlichen) Scale, bei welcher der Quecksilberfaden im schmelzenden Eise endigte, die vierte die Lage des Siedepunktes, die fünfte die zugehörige aus dem Barometerstande und Regnault's Tabellen für die Temperatur des gesättigten Wasserdampfes entnommenen Temperatur, die sechste endlich die daraus abgeleitete auf den zunächst bestimmten Nullpunkt bezogene Lage

des Punktes 100 der Celsius'schen Scale, womit zugleich der Werth des Intervalls von 100 Graden gegeben ist.

Zusammenstellung der Nullpunkts- und Siedepunktsbestimmungen.

Th. I.

No.	Zeit	Nullpunkt	Siedepunkt	Temperatur	Punkt 100° C.
1	16. Mai 1862 Vorm.	—	312,10	98,26	} 317,35
2	„ „ Nachm.	15,55	—	—	
3	17. Mai	15,95	—	—	
4	„	—	312,80	98,43	} 317,53
5	18. Mai 10 ^h	16,05	—	—	
6	„ 10 ^h 33'	—	312,60	98,41	
7	„ 11 ^h 50'	15,65	—	—	} 317,39
8	„ 4 ^h	15,85	—	—	
9	19. Mai 11 ^h	16,05	—	—	
10	„ 3 ^h	16,05	—	—	} 317,35
11	21. Mai 11 ^h	16,05	—	—	
12	23. Mai 4 ^h	16,25	—	—	
13	„ 4 ^h 30'	—	312,60	98,36	} 317,54
14	„ 5 ^h	15,44	—	—	
15	24. Mai 2 ^h	15,95	—	—	
16	25. Mai Vorm.	16,35	—	—	} 317,62
17	„	—	312,80	98,40	
18	„	15,80	—	—	
19	„ 3 ^h	—	312,48	98,34	} 317,63
20	26. Mai Nachm.	16,10	—	—	
21	27. Mai	16,15	—	—	
22	3. Juni	16,45	—	—	} 317,49
23	25. Juni	16,65	—	—	
24	„	—	312,50	98,33	
25	„	15,75	—	—	} 317,52
26	26. Juni	16,15	—	—	
27	„	—	312,60	98,36	
28	27. Juni	16,05	—	—	} 317,54
29	„	—	311,80	98,10	
30	29. Juni	16,25	—	—	
31	30. Juni	—	312,5	98,31	} 317,53
32	„	15,75	—	—	
33	2. Juli	16,25	—	—	
34	„	—	312,65	98,40	} 317,60
35	3. Juli	16,15	—	—	
36	4. Juli	—	312,55	98,33	
37	23. Febr. 1863	16,35	—	—	} 317,47
38	24. Febr.	16,35	—	—	
39	26. Febr.	—	314,18	98,84	
40	„	16,20	—	—	} 317,58

Th. II.

No.	Zeit	Nullpunkt	Siedepunkt	Temperatur	Punkt 100° C.
1	25. Juni	38,25	—	—	} 256,16
2	"	—	252,52	98,33	
3	26. Juni	38,05	—	—	
4	"	—	252,57	98,36	} 256,15
5	27. Juni	38,0	—	—	
6	"	—	252,32	98,10	
7	29. Juni	38,15	—	—	} 256,47
8	30. Juni	—	252,74	98,31	
9	"	38,0	—	—	
10	2. Juli	38,17	—	—	} 256,33
11	"	—	252,84	98,40	
12	3. Juli	38,15	—	—	
13	4. Juli	—	252,67	98,33	} 256,31
14	5. Juli	38,25	—	—	
15	"	—	252,32	98,20	
16	6. Juli	38,1	—	—	} 256,24
17	7. Juli	38,3	—	—	
18	23. Febr. 1863	38,65	—	—	
19	25. Febr.	38,65	—	—	} 256,12
20	26. Febr.	—	253,6	98,84	
21	"	38,0	—	—	

Th. III.

1	24. Mai 1862	27,4	—	—	} 325,66
2	"	—	320,8	98,37	
3 u. 4	25. Mai	27,6	320,85	98,38	
5	26. Mai	27,8	—	—	} 325,68
6	27. Mai	27,8	—	—	
7	"	—	320,8	98,33	
8	3. Juni	28,15	—	—	} 325,78

Vergleicht man am Therm. I. die Lage des Nullpunkts und des Punktes 100 vom 18., 19., 21. Mai 1862 mit der Lage beider Punkte am 23. bis 26. Febr. 1863, so sieht man, daß sich *beide* in dieser Zeit um nahe dieselbe Gröfse von 0,3 Scalentheilen gehoben haben, was einem Zehntel eines Grades entspricht, so daß die Gröfse des Intervalls hier erhalten blieb. Nicht so am Therm. II., wo der Punkt 100 schliesslich an der nämlichen Stelle war, wie vorher, obgleich sich der Nullpunkt um 0°,2 gehoben hatte. Man wird also sagen, daß je nach der Individualität des Reser-

voirs die Volumen- oder Gestaltänderung, welche der äussere Luftdruck im Laufe der Zeit hervorgebracht hat, erhalten bleibt, oder durch den mit der Wärme zusammenwirkenden Gegendruck der (beispielsweise bei einer Siedepunktsbestimmung) gehobenen Quecksilbersäule aufgehoben werden kann, um dann von neuem allmählich wieder Platz zu greifen. Im ersten Falle hat sich die Gleichgewichtslage des Nullpunkts verändert, während sie im zweiten Falle erhalten blieb.

Eine Erscheinung für sich bilden neben diesen sehr langsam im Laufe von Jahren vor sich gehenden Hebungen des Nullpunkts, diejenigen oscillations-artigen Verrückungen, welche man an den vertical eintauchenden Thermometern als Folge einzelner starker Temperaturerhöhungen wahrnimmt. So oft der Nullpunkt unmittelbar nach dem Siedepunkte untersucht wurde, zeigte sich, dass er gesunken war, und ebenso deutlich sieht man, dass er sofort wieder den Weg in seine frühere Lage einschlägt, um diese dann zu überschreiten. Besonders instructiv hierfür sind die Beobachtungen 5 bis 10 und 12 bis 16 am Therm. I. Im Allgemeinen bemerkt man, dass die alte Lage in etwa 24 Stunden weiter erreicht ist, doch verhalten sich dabei die verschiedenen Thermometer verschieden, ja dasselbe nicht immer gleich. Man wird sich also hüten, mit einer Messung in diese Oscillationen des Nullpunkts zu gerathen, da sie jede Sicherheit über den gegenwärtigen Stand desselben ausschliessen, während die allmähliche Hebung des Nullpunkts wegen ihres langsamen Fortschreitens nicht als Quelle der Unsicherheit zu betrachten ist, wenn man nur die Vorsicht gebraucht, den Nullpunkt vor der Beobachtung zu controliren.

Da die hier bemerkten regelmässigen Depressionen bei horizontal eintauchenden Thermometern nicht beobachtet werden, sondern vielmehr die grösste Unregelmässigkeit (Vgl. die cit. Abh. von J. J. Pierre), so ist wohl der Druck der aufsteigenden Quecksilbersäule theilweise für die Ursache der Ausweitung zu halten, nach dessen Besei-

tigung das Glas durch den combinirten Einfluß der Elasticität und des äußeren Luftdruckes allmählig wieder auf ein kleineres Volumen zurückgeführt wird. Daneben ist die Ansicht begründet, daß für Glas noch weit vom Schmelzpunkt entfernt eine Art von Elasticitätsgränze bezüglich der Ausdehnungen durch die Wärme existirt, nach deren Ueberschreitung das frühere Volumen durch Temperaturerniedrigung allein nicht wieder hergestellt wird.

VI. *Ueber das Kreuz, das gewisse organische Körper im polarisirten Lichte zeigen, und über die Haidinger'schen Farbenbüschel;*
von Victor von Lang.

Es ist allgemein bekannt, daß gewisse Körper, die dem Pflanzen- oder Thierorganismus ihre Entstehung verdanken, eine kreuzförmige Interferenz-Erscheinung zeigen, wenn man dieselben zwischen zwei linear-polarisirende Vorrichtungen bringt. Solche Körper sind die Stärkemehlkörner, die Krystalllinsen der Augen, gewisse Hornarten, aus denen man natürlich erst durchsichtige Platten zu schleifen hat, u. a. m. Wenn ich hier die Entstehung dieser Erscheinung in Betracht ziehe, so glaube ich zwar nicht etwas ganz neues, aber doch nichts überflüssiges zu sagen, da selbst ausgezeichnete Forscher in ihren Werken sich bei diesem Gegenstande mit einer ziemlich unbestimmten Ausdrucksweise begnügen. Auch hängt diese Erscheinung nach meiner später zu entwickelnden Hypothese innig zusammen mit dem Phänomen, das wir als Haidinger'sche Farbenbüschel bezeichnen.

Wir wollen daher auch von den angeführten Körpern gleich an die Krystalllinse unsere Bemerkungen anknüpfen

und ihr Verhalten zwischen einem gekreuzten Polarisirer und Analysirer betrachten. Die Krystalllinse besteht aus Fasern, welche im Allgemeinen um die Axe der Linse so angeordnet sind, daß sie von dieser Axe radial nach dem Rande der Linse verlaufen. Diese Fasern sind bekanntlich doppeltbrechend, und zwar sind für die zwei senkrecht zur Längsrichtung derselben hindurchgehenden Lichtstrahlen die Polarisations Ebenen beziehungsweise parallel und senkrecht zu der Längsaxe. Betrachtet man daher eine Krystalllinse im polarisirten Lichte, so daß dasselbe parallel der Axe durch die Linse geht, so wird jeder Radius der Linse sich doppeltbrechend erweisen, und zwar für den betrachteten Radius die eine Polarisations Ebene durch die Axe der Linse gehen, die andere Polarisations Ebene wird aber natürlich senkrecht zur ersteren seyn. Fig. 8 Taf. I giebt ein beiläufiges Bild der Polarisationsverhältnisse der einzelnen Radien der Linse; die Schenkel der kleinen Kreuze bedeuten eben die Richtung der Polarisations Ebenen der zwei von dem betreffenden Radius der Linse hindurchgelassenen Lichtstrahlen.

Bringt man nun die Linse zwischen zwei gekreuzte linear polarisirende Vorrichtungen, deren Polarisations Ebene parallel der Linsenaxe und den Linien AA' und PP' Fig. 8 seyn, so werden, wenn man durch den ganzen Apparat hindurchsieht alle jene Radien der Linse dunkel erscheinen müssen, deren Polarisations Ebenen mit denen des Analysirers und Polarisirers zusammenfallen; die dazwischen liegende Radien aber werden desto heller werden, je mehr sie sich von den ganz dunkeln Radien entfernen. Die ganze Erscheinung wird also die Form eines schwarzen Kreuzes auf lichtem Grunde haben, wie es in der Figur durch die Schraffirung angedeutet ist; der Mittelpunkt des Kreuzes muß in die Axe der Linse fallen und die Schenkel desselben müssen parallel den Linien AA' und PP' , d. h. parallel den Polarisations Ebenen des Analysirers und Polarisirers seyn.

Aus dem Gesagten geht aber hervor, daß die Ursache

des Kreuzes, welches wir an der Krystalllinse und ähnlichen Körpern im polarisirten Lichte wahrnehmen, wesentlich verschieden ist von dem Grunde, aus welchem Platten einaxiger Krystalle senkrecht zur optischen Axe geschnitten, eine ähnliche Erscheinung zeigen. Denn betrachtet man solche Krystallplatten im parallelen Lichte zwischen gekreuzten Polarisirer und Analysirer, so erscheint die ganze Platte dunkel und wir nehmen nur, wenn wir einen polarisirten Lichtkegel durch die Platten gehen lassen, ein Kreuz wahr, dessen Mittelpunkt dann immer in die Axe des Lichtkegels fällt, so daß eine Verschiebung der Krystallplatte ohne Einfluß ist auf den Ort, an welchem wir das Kreuz sehen. Bei der Krystalllinse jedoch und anderen Körpern mit ähnlichen Structurverhältnissen nehmen wir das Kreuz im parallelen Lichte wahr, und mit der Verschiebung des Objectes wird auch das Kreuz verschoben. Der Umstand, daß wir die letztere Erscheinung im parallelen Lichte am besten sehen, macht es auch, daß wenn wir die Krystalllinse ohne weitere Vorrichtung mit Hülfe eines Analysirers und Polarisirers betrachten, wir das Kreuz nicht sehr deutlich und nur in der Mitte wahrnehmen, indem durch die Gestalt der Linse die parallel auffallenden Lichtstrahlen convergent gemacht werden. Es ist daher gut bei Anstellung dieses Versuches die Gestalt der Linse entweder durch Concavlinen oder dadurch zu compensiren, daß man die Krystalllinse mittelst des Glaskörpers zwischen zwei Glasplatten bringt.

Ich habe die im Vorhergehenden besprochene Erscheinung auch künstlich nachgeahmt, was mir durch die Freundlichkeit des Prof. Dr. Rollett ermöglicht wurde, der den dazu nöthigen Apparat für das physikalische Institut der hiesigen Universität ausführen liefs. Hierfür und für die ebenso bereitwillige Unterstützung mit seinem Rathe bin ich meinem Freunde und Collegen zu großem Danke verpflichtet. Der Apparat besteht aus einem hohlen Messingcylinder, welcher mit Hülfe eines größeren hölzernen Rades und eines Schnurlaufes in rasche Rotation versetzt wer-

den kann. Die lichte Weite des Messingcylinders betrug ungefähr 19 Millim., hineinpaßten eine Glasscheibe und zwei dünnwandige hohle Holzcylinder, welche die Glasscheibe in einer zur Drehungsaxe senkrechten Lage festhalten. Auf die eine Seite der Scheibe wurde mit Glasleim eine doppeltbrechende Krystallplatte geklebt, während man die andere Seite mit schwarzem Papier belegte, aus welchem zwei Sektoren herausgeschnitten wurden, so zwar, daß die Halbirungslinie derselben parallel war mit einer Polarisationssebene des senkrecht durch die Krystallplatte gehenden Lichtes, wie dies in Fig. 9 Taf. I dargestellt ist. Zur Reinheit des Versuches ist es nöthig, daß die Sektoren scharf ausgeschnitten sind und ihre Spitzen möglichst genau in den Mittelpunkt der Glasscheibe fallen. Bringt man nun vor und hinter der Scheibe ein feststehendes Nicol'sches Prisma an, und sieht durch dieselben auf eine gleichförmig erleuchtete Fläche, z. B. eine mit Strohpapier beklebte Fensterscheibe, so sieht man bei gekreuzten Prismen und rotirender Krystallplatte auf hellem Grunde concentrisch mit der Drehungsaxe ein schwarzes Kreuz, dessen Schenkel parallel den Polarisationssebenen der Nicol'schen Prismen sind.

Zur Erklärung dieses Versuches ist nach dem Vorhergesagten nichts hinzuzufügen, durch das Drehen der so vorgerichteten Glasscheibe wird eben eine radiale Anordnung doppeltbrechender Substanz nachgeahmt, wie wir sie in der Natur an der Krystalllinse antreffen.

Ich habe den Versuch mit den verschiedensten Krystallen mit gleichem Erfolge angestellt, das nächstliegende dürfte in den meisten Fällen ein nicht allzu dünnes Glimmerblättchen seyn.

Ich komme nun zu dem Haidinger'schen Farbenbüschel, welches Phänomen, wie ich glaube, ebenfalls der Krystalllinse seine Entstehung verdankt. Ich nahm nämlich an, daß die einzelnen Fasern der Linse nicht nur doppeltbrechend, sondern auch dichromatisch sind, und zwar muß der Strahl, welcher parallel der Längsrichtung der Fasern po-

larisirt ist gelblich, der andere senkrecht dazu aber bläulich gefärbt seyn. Diese Hypothese hat nichts besonders Unwahrscheinliches an sich, denn das ein doppeltbrechender Körper auch dichromatisch sey, ist als der allgemeinere Fall auch der von vornherein wahrscheinlichere.

Fig. 10 Taf. I giebt nun für die einzelnen Radien der Krystalllinse die Polarisations Ebenen, der zwei quer hindurchgehenden Lichtstrahlen, aber auch zugleich die Färbung, welche nach der eben ausgesprochenen Hypothese die beiden Strahlen haben müssen, indem die längeren Striche der einzelnen Kreuze die gelbliche Färbung des parallel dazu polarisirten Lichtstrahles bedeuten, der senkrecht dazu polarisirte Strahl ist dann der bläulich gefärbte. Geht nun Licht durch die Linse parallel ihrer Axe, und wird deshalb entweder vor der Linse oder nach derselben linear parallel der Linie AA' polarisirt, so werden die Radien der Linse, welche nahezu parallel AA' sind, gelblich gefärbt erscheinen müssen, indem für diese Radien der Strahl, welcher durch die Linse bläulich gefärbt wird, nicht durch die polarisirende Vorrichtung hindurchgehen kann. Aus gleichem Grunde werden aber die Radien senkrecht zur Linie AA' bläulich gefärbt seyn müssen; dazwischen liegende Radien werden auch intermediäre Farben zeigen. Fig. 10 giebt durch die verschiedene Schraffirung ein beiläufiges Bild dieser Erscheinung, wie sie sich unter den gemachten Voraussetzungen darstellen muß; die nach der Länge schraffirten Sektoren haben eine gelbliche, die quergestreiften eine bläuliche Färbung. Wir erhalten also wie früher ein Kreuz, das concentrisch mit der Linse ist, und dessen Arme respective parallel und senkrecht zur Polarisations Ebene der polarisirenden Vorrichtung sind, nur sind jetzt zwei Arme gelblich, die beiden andern bläulich gefärbt. Ob nun zufolge der gemachten Hypothese der Uebergang von den gelben zu den blauen Sektoren rasch stattfindet oder nur sehr allmählich, darüber kann auch die Rechnung keinen Aufschluß geben, indem Versuche über die Abhängigkeit der Absorption von der Amplitude mangeln. Die

nachher zu beschreibenden Versuche sprechen jedoch für einen ziemlich raschen Uebergang; dieß stünde in Uebereinstimmung mit den Farbenbüscheln, bei denen wir zwischen den gelben und blauen Sektoren kein dazwischengeliegendes Weiß wahrnehmen können; doch mögen bei letzterer Erscheinung auch subjective Momente mitspielen, da wir dieselben nur wahrnehmen, wenn die Polarisationsebene des auf unser Auge fallenden Lichtes beständig ihr Azimut ändert.

Durch den Umstand, daß die Krystalllinse eben eine linsenförmige Gestalt hat, müssen die polarisirten Lichtstrahlen desto mehr gefärbt erscheinen, je näher sie der Axe der Linse hindurchgehen, indem sie eben alsdann mehr absorbirte Theilchen zu durchsetzen haben. Die in Fig. 10 Taf. I dargestellte Erscheinung muß sich daher an der Mitte der Linse am intensivsten zeigen, und gegen den Rand derselben allmählich unbemerktbar werden.

Auch die Erscheinung der Farbenbüschel habe ich mit Hülfe des früher beschriebenen Rotationsapparates nachgeahmt, indem ich auf die wie früher vorgerichtete Glasscheibe eine dichromatische Krystallplatte befestigte, so daß wieder eine Polarisationsebene derselben mit der Axe der beiden Ausschnitte zusammenfiel. Nennen wir *P* den Farbenton des durch die Krystallplatte gehenden Lichtes, wenn es parallel der Axe der Sektoren polarisirt ist, *S* die Farbe der senkrecht dazu polarisirten Strahlen, so wird man, wenn die Glasscheibe mit dem Krystalle rotirt und dieselbe mit Hülfe eines Nicol'schen Prisma betrachtet wird, in der Polarisationsebene des Prisma zwei Sektoren von der Farbe *P* und senkrecht dazu zwei mit der Farbe *S* wahrnehmen, und dadurch bestätigt finden, was wir vorher über das Verhalten einer radial angeordneten dichromatischen Masse gesagt haben.

Was die Aehnlichkeit der mit Hülfe eines rotirenden dichromatischen Krystalles hervorgebrachten Erscheinung mit den Farbenbüscheln betrifft, so ist zu bemerken, daß man diese Versuche nur mit stärker dichromatischen Kry-

stellen anstellen kann, indem die gewöhnliche Unreinheit der Krystalle und sonstige Unvollkommenheiten des Apparates für die Beobachtung schwacher Lichteindrücke nicht günstig sind. Bei solchen stärker dichromatischen Krystallen sind aber die beiden Strahlen auch immer sehr ungleich hell. Ist z. B. der Farbenton *P* viel dunkler als *S*, so werden wir bei rotirender Scheibe auf einem lichten Grunde von der Farbe *S* zwei dunkle Sektoren von der Farbe *P* wahrnehmen, welche natürlich mit der Drehung des Nicol'schen Prisma ebenfalls ihre Stellung ändern. Diese zwei Sektoren bringen aber ersichtlich denselben Eindruck hervor wie die dunkleren, d. i. die gelben Büschel des von Haidinger entdeckten Phänomens; und zwar ist der Eindruck um so ähnlicher, je näher wir mit Prisma und Auge an die Scheibe gehen, in welchem Falle wir die bloße Lichtempfindung haben ohne den Krystall selbst zu sehen.

Zu den Versuchen dienten mir vorzüglich Krystalle zusammengesetzt aus den beiden isomorphen Verbindungen, Kaliumeisencyanid (rothes Blutlaugensalz) und Kaliumkobaltcyanid ($K_3Co_2Cy_4$). Ein größerer Krystall wurde mit der Fläche (100)¹⁾ auf der Glasscheibe so befestigt, daß seine Längsaxe (die Krystallaxe *c*) mit den Ausschnitten zusammenfiel. Die Farbe des Krystalles war alsdann im gewöhnlichen Lichte eigelb, im Lichte, das parallel den Ausschnitten polarisirt war, citronengelb, für senkrecht darauf polarisirtes Licht lichtrothbraun. Dem entsprechend erhielt man beim Rotiren des Krystalles zwei lichtrothbraun gefärbte Sektoren in der Polarisationsebene des Nicol'schen Prisma; senkrecht dazu aber eine citronengelbe Färbung.

Die Wirkung der Gestalt der Linse kann man dadurch nachahmen, daß man die eine Seite des Krystalles ebenfalls, z. B. auf einem Uhrglase mittelst Schmirgel und Wasser, convex macht, oder daß man aus der schwarzen Belegung der rotirenden Glasscheibe einen weiteren Ausschnitt von

1) $a : b : c = 1 : 0,772 : 0,622$. War die Fläche 100 nicht groß oder nicht eben genug, so wurde dies durch Schleifen des Krystalles mit Wasser auf einer rauhen Glasplatte erreicht.

besonderer Form macht, wie dies in Fig. 11 Taf. I angedeutet ist. Offenbar wird dadurch den Stellen, die weiter vom Centrum der Scheibe entfernt sind, mehr weißes Licht beige-mischt und daher auch desto mehr die Färbung verringert.

Da für diese Krystalle die bräunlich gefärbten Sektoren in die Polarisationsebene des polarisirenden Prisma fallen, während sie in den Farbenbüscheln senkrecht dazu stehen, so ist es mir auch gelungen die Farbenbüschel meines Auges mit Hilfe eines solchen rotirenden Krystalles zu compensiren, d. h. unbemerkt für mich zu machen. Der Krystall muß natürlich in diesem Falle sehr dünn seyn um nur einen geringen Dichroismus auszuüben, welchen man nach Bedarf dadurch noch mehr vermindert, daß man aus der schwarzen Belegung der Glasscheibe größere oder kleinere Sektoren ausschneidet, welche dem weißen Lichte den ungehinderten Durchgang gestatten. In diesem Falle hat man nur etwas rascher zu drehen, um das Flimmern zu vermeiden, welches bei der Aufeinanderfolge von weiß und schwarz eintritt.

Krystalle bloß aus Kaliumkobaltcyanid bestehend und schwach gelblich gefärbt gaben, wie die frühern behandelt, zwei gelblich gefärbte Sektoren senkrecht zur Polarisations-ebene des Prisma. Ebenso ein etwas größerer Krystall von Santonin, der durch das Licht gelb gefärbt worden war. Sehr schön sah man das Phänomen auch an einer lichtbraun gefärbten Turmalinplatte, welche ziegelrothe Büschel auf lichtmeergrünem Grunde gab.

So viel über meine Versuche. Ich verzichte darauf zur Unterstützung meiner Erklärungsweise der Haidinger'schen Büschel auf solche Umstände hinzuweisen, wie die, daß sich nach dieser Erklärungsweise leicht einsehen läßt, warum verschiedene Menschen die Farbenbüschel verschieden, andere sie erst im späteren Alter sehen u. s. f., indem ja doch die endgültige Bestätigung meiner Hypothese nur von der Physiologie erwartet werden kann.

Graz den 2. August 1864.

VII. *Einiges zur Erklärung der Erscheinungen beim Durchgange der Wärmestrahlen durch rauhe und trübe diathermane Körper;*

von C. G. Jungk,

Oberlehrer am Werderschen Gymnasium in Berlin.

Eine mündliche Mittheilung des Hrn. Prof. Knoblauch, daß rauhes Steinsalz nicht nur von den Sonnenstrahlen weniger durchläßt als von den Strahlen einer andern Wärmequelle, wie Forbes entdeckt hat, sondern auch von den Strahlen einer Argand'schen Lampe weniger als von denen einer dunklen Wärmequelle, veranlaßte mich zu der Bemerkung, daß der Abstand und die Größe der Wärmequelle einerseits und die Form der Rauhigkeit des Steinsalzes andererseits die Ursache dieses Verhaltens seyn müsse, welches mit den sonstigen Durchstrahlungserscheinungen im Widerspruch zu stehen scheint. Durch die erschöpfende Versuchsreihe des Hrn. Prof. Knoblauch ¹⁾ hat diese Vermuthung so sehr an Wahrscheinlichkeit gewonnen, daß zur vollen Gewißheit nur noch der Nachweis fehlt, in wiefern die Vereinigung jener Umstände den erwähnten Einfluß auf den Durchgang der Wärmestrahlen haben könne. Ein solcher Nachweis soll mit Hülfe gewisser Annahmen im Folgenden versucht werden.

Der Grad der Rauhigkeit ist zwar nach Hrn. Prof. Knoblauch als Diffusionsvermögen durch ein Experiment bestimmbar ²⁾, aber wohl unmöglich durch eine allgemein geltende mathematische Formel auszudrücken. Es muß daher vorläufig genügen, eine specielle Form von Rauhigkeit ins Auge zu fassen.

1) Bei der Betrachtung eines Körpers legen wir demselben eine ideale Oberfläche bei und nennen dieselbe mehr oder weniger rauh. Soll die Rauhigkeit dem Grade nach

1) Pogg. Annal. Bd. CXX, S. 177.

2) Pogg. Annal. Bd. CXX, S. 204.

einigermassen bestimmt werden, so kann man sagen, sie ist um so gröfser 1) je gröfser die aus der idealen Fläche heraustretenden Flächenelemente im Verhältnifs zu ihrer Projection auf jene sind, 2) je gröfser die Verschiedenheit ihrer Richtungen ist, 3) je mehr diese verschiedenen Richtungen sprungweise in einander übergehen und 4) je gröfser die Projection des Oberflächenstücks ist, in welchem alle vorkommenden Richtungen vertreten sind.

Um so verschiedenartigen Rücksichten bei der Bestimmung der Raubigkeit einer Ebene möglichst zu genügen, kann man sich diese mit Calotten besetzt denken, deren begränzende Kugelsphären in der idealen Ebene liegen und sich gegenseitig berühren, und die entweder ihre convexe oder ihre concave Seite nach aufsen wenden, und kann eine solche Ebene um so rauher nennen, je gröfser diese Calotten im Verhältnifs zu ihren Halbkugeln sind. Von einer solchen Ebene kann nachgewiesen werden, dafs sie den Durchgang der Wärmestrahlen so zu verändern im Stande ist, wie es Hr. Prof. Knoblauch von rauhen Ebenen gezeigt hat.

2) Die Strahlen, welche von einem Punkte aufserhalb des Brennpunktes einer Kugelfläche ausgehen, werden an derselben so gebrochen, dafs jeder innerhalb der Kugel eine andere Richtung hat; unter allen ist also nur einer, der nach der Brechung einer gegebenen Richtung parallel ist.

In Fig. 7 Taf. I gehe die Ebene des Papiers durch den Mittelpunkt c einer Halbkugel und schneide die auf ihr senkrechte Basis derselben in ab , also die Halbkugel in dem auf ab stehenden Halbkreise; cf sey die Richtung, welcher die gebrochenen Strahlen ds und d,e , parallel seyn sollen, wenn sd und s,d , die auffallenden Strahlen sind. Ist n der Brechungsexponent und $\sin edc = \sin e, d, c = \frac{1}{n}$, so sind sd und s, d , Tangenten des Kreises, ihr Winkel s, fs umfaßt also alle strahlenden Punkte, welche einen Strahl auf die Kugelfläche senden können,

der parallel cf gebrochen wird, und der Bogen dd_1 enthält alle Punkte der Kugel, wo eine solche Brechung stattfinden kann. Für $n = 1,5$, wie es etwa bei Steinsalz und Glas der Fall ist, beträgt der Bogen dd_1 etwa 82° und der Winkel s_1fs etwa 98° , so daß innerhalb der Grenzen der Experimente alle Punkte der Wärmequelle, welche in der Ebene des Winkels liegen, sich auch innerhalb desselben befinden, selbst wenn cf von der auf ab senkrechten Linie ch bedeutend abweicht.

Ist qv die strahlende Linie, in welcher die Ebene des Papiers die Wärmequelle schneidet, so müssen alle Strahlen, welche von dieser Linie auf der rechten Seite von cf ausgehen und zu cf parallel gebrochen werden sollen, den Bogen di um so näher an i treffen, je näher ihr Ausgangspunkt an cf liegt, und alle Strahlen, welche von dieser Linie auf der linken Seite von cf ausgehen und nach der Brechung dieselbe Richtung haben sollen, müssen auf d_1i auch um so näher an i auffallen, je näher ihre Ausgangspunkte an cf liegen. Je kleiner also qv wird, desto kleiner wird der Bogen, welcher Strahlen nach der Richtung cf bricht. Dasselbe ist der Fall je weiter sich qv nach der Richtung ch von ab entfernt. Also werden von den Strahlen, welche qv nach der Linie ab senden kann, um so weniger nach der Richtung cf gebrochen, je kleiner und je entfernter qv ist. Dehnt man diese Betrachtung auf verschiedene Neigungen von cf gegen ch , und dann auf alle Ebenen aus, welche durch den Mittelpunkt der Halbkugel gehen und die Wärmequelle schneiden, so ergibt sich, daß von allen Strahlen, welche diese in gerader Richtung nach der Basis der Halbkugel senden kann, um so weniger nach bestimmten Richtungen gebrochen auf dieselbe gelangen, je kleiner und entfernter die Wärmequelle ist. Dasselbe Resultat ergibt sich bei der Brechung an einer concaven Halbkugel. Hieraus folgt:

Eine diathermane Platte mit parallelen ebenen Flächen, deren vordere mit kleinen Calotten besetzt ist, bricht von den auffallenden Wärmestrahlen um so weniger nach den

Richtungen, welche die Thermosäule treffen, je kleiner und entfernter die Wärmequelle ist, also von parallelen Strahlen als Strahlen einer unendlich entfernten Quelle am wenigsten.

Hierbei ist natürlich vorausgesetzt, daß die durchstrahlte raube Ebene eine constante Entfernung von der Thermosäule hat.

Ist die Hinterfläche der diathermanen Platte ebenfalls mit solchen Kugelflächen besetzt, so wiederholt sich hier derselbe Vorgang, und auch hier muß die Schwierigkeit, Strahlen nach der Thermosäule zu senden, für die entferntere und kleinere Wärmequelle größer seyn. Denn obwohl hier die Strahlen aus einem dichteren Mittel in ein dünneres treten, so ergibt sich doch auch, daß eine Wärmequelle innerhalb des dichteren Mittels von den Strahlen, welche sie in gerader Richtung auf die Basis einer Kugelkappe senden kann, um so weniger nach einer bestimmten Richtung gebrochen durch die Kugelfläche schickt, je kleiner und je mehr sie von der brechenden Fläche entfernt ist. Für die Hinterfläche sind aber die Punkte der Vorderfläche, durch welche Strahlen verschiedener Richtung eindringen, strahlende Punkte und die Theile der Calotten, auf welchen solche Punkte liegen, Wärmequellen von einiger Ausdehnung, welche von ihren auf die Hinterfläche fallenden Strahlen um so weniger nach den Richtungen zur Thermosäule hindurchdringen, je geringer ihre Dimensionen sind. Diese sind nun aber um so geringer, je kleiner und entfernter die Wärmequelle ist. Also muß das Hinzutreten jener hypothetischen Rauigkeit an der Hinterfläche der diathermanen Platte den Durchgang der auf die Vorderfläche fallenden Strahlen ebenfalls um so mehr vermindern, je kleiner und entfernter die Wärmequelle ist.

Diese Folgerungen sprechen sich schon in den Versuchen auf S. 199 und 200 der Knoblauch'schen Abhandlung in sofern aus, als die Sonne bei ihrer großen Entfernung als strahlender Punkt gilt, und die Argand'sche Lampe eine kleinere und gewöhnlich auch entferntere Wär-

mequelle ist, als der dunkle heiße Metallcylinder von ungefähr 6 bis 8 Zoll Höhe und 1 Zoll Durchmesser. Die Versuchsreihen von S. 239 bis 249 bestätigen dies aber ganz speciell; denn sie zeigen, 1) daß durch raues Steinsalz von den Strahlen einer und derselben Wärmequelle um so weniger zur Thermosäule gelangen, je mehr jene entfernt wird, 2) daß von den Strahlen solcher Wärmequellen, welche verschiedene Ausdehnung und Entfernung haben, durch raues Steinsalz gleich viel auf die Thermosäule fallen, wenn durch geeignete Vorrichtungen bewirkt wird, daß immer nur parallele Strahlen das Steinsalz treffen, also der Einfluß der Entfernung und Größe der Quelle beseitigt ist, und 3) daß selbst von den Strahlen einer kleinern Wärmequelle mehr als von denen einer größern durch raues Steinsalz auf die Thermosäule wirken, wenn die größere angemessen entfernt wird.

Der Widerspruch, in welchem die Versuche auf S. 221 zur theoretischen Folgerung stehen, wird auf S. 252 gehoben.

3) Die strahlenden Theile der Calotten an der Vorderfläche werden nach No. 2 aber auch um so weniger Strahlen nach den Richtungen zur Thermosäule durch die raue Hinterfläche bringen, je weiter sie von dieser entfernt werden, je dicker also die Platte wird, wenn auch die Entfernung der Vorderfläche von der Wärmequelle unverändert bleibt, wofern sich nur dabei der Abstand zwischen der Hinterfläche und der Thermosäule nicht ändert.

Diese Bedingungen lassen sich leicht erfüllen, wenn man statt einer zweiseitig rauhen zwei einseitig raue Platten anwendet, und noch leichter, wenn zugleich eine sehr entfernte Wärmequelle gebraucht wird. Unter diesen Umständen neuerdings angestellte Versuche haben, wie mir von Hrn. Prof. Knoblauch mitgetheilt worden ist, obiges Resultat bestätigt.

4) Wie in No. 2 gezeigt ist, werden von den auf eine raue diathermane Platte fallenden Strahlen um so weniger durch die Calotten nach bestimmten Richtungen gebrochen,

je kleiner die wirksamen Theile dieser Calotten im Verhältniß zu deren Basis durch Entfernen oder Verkleinern der Wärmequelle werden. Dasselbe muß eintreten, wenn dieses Verhältniß ohne Veränderung der Wärmequelle sich in derselben Weise ändert, wie es der Fall ist, wenn die zu den Calotten gehörigen Centriwinkel zunehmen. Je größer ferner die wirksamen Theile der Calotten sind, desto weniger wird sich die von ihnen nach gewissen Richtungen gebrochene Strahlenmenge im Verhältniß zur Gesamtheit aller auffallenden Strahlen vermindern, wenn die Centriwinkel der Calotten wachsen. Hieraus folgt:

Je rauher (No. 1) eine diathermane Platte wird, um so weniger läßt sie von den auffallenden Strahlen zur Thermosäule gelangen, dieser Einfluß macht sich aber um so weniger geltend, je größer und näher die Wärmequelle ist.

Die Uebereinstimmung dieses Satzes mit der Erfahrung wird durch demnächst zu veröffentlichende Versuche des Hrn. Prof. Knoblauch erwiesen, findet aber auch schon ihre Bestätigung in der Versuchsreihe auf S. 261 der oben gedachten Abhandlung. Denn die durch Glimmer gehenden Strahlen bewahren sich den Charakter der aus unendlicher Ferne kommenden, während die aus dem zweiseitig rauhen Steinsalz austretenden Strahlen Richtungsunterschiede haben, wie Strahlen einer nahen Quelle, und die klare, raube und rauhere Steinsalzplatte lassen von den erstern bezüglich 0,82, 0,42 und 0,25, dagegen von den letztern bezüglich 0,82, 0,63 und 0,42 zur Thermosäule gelangen.

5) Befindet sich ein strahlender Punkt im Brennpunkt einer brechenden Kugelfläche, so sind alle eindringenden Strahlen parallel und man kann es so einrichten, daß sie alle die Thermosäule treffen. Bei zunehmender Entfernung des strahlenden Punktes nehmen aber die eindringenden Strahlen eine immer verschiedenere Richtung an, und immer weniger treffen sie die Thermosäule, vorausgesetzt, daß die brechende Fläche eine constante Entfernung von der Thermosäule hat. Ist aber die Entfernung so groß geworden, daß der Kugelradius dagegen verschwindet, die eindringen-

den Strahlen also nahe durch den Brennpunkt gehen, so wird eine weitere Zunahme der Entfernung keine merkbare Aenderung in der Wirkung auf die Thermosäule zur Folge haben. Wird dagegen in diesem Falle die Kugelfläche von der Thermosäule entfernt, so dafs ihre Entfernung vom strahlenden Punkt im Vergleich zu ihrem Radius unendlich grofs bleibt, so fallen von ihrem Strahlenbüschel immer weniger Strahlen auf die Thermosäule. Gegen die Radien der Kugelflächen, welche die Rauhigkeit der hier in Betracht gezogenen Ebenen bestimmen, ist eine Entfernung von mehreren Zollen schon unendlich grofs; daher er giebt sich:

Durch eine diathermane Platte mit solchen rauhen Ebenen gelangen von den auffallenden Sonnenstrahlen nicht merklich weniger zur Thermosäule, wenn sie direct auffallen, als wenn sie vorher mittels einer Steinsalzlinse durch einen und denselben Punkt geführt sind, dessen Entfernung gegen die Kugelradien unendlich grofs ist; dagegen um so mehr, je näher die Platte der Thermosäule rückt.

Dasselbe findet sich theils in dem auf S. 211 angeführten Experiment ausgesprochen, theils in der auf S. 222 angeführten Entdeckung Mellonis, dafs raue und trübe Medien um so mehr Wärmestrahlen zur Thermosäule gelangen lassen, je näher sie derselben stehen.

6) Fallen Sonnenstrahlen senkrecht auf eine diathermane Platte, welche vorn mit Calotten besetzt ist, so werden sie nach den Brennpunkten gebrochen. Je gröfser die Centriwinkel der Calotten sind, desto gröfser mufs die Richtungsverschiedenheit der dahin vereinigten und von da aus auf eine zweite raue Platte fallenden Strahlen seyn, und desto mehr müssen also von ihnen durch diese zweite zur Thermosäule gelangen, gerade so wie von den Strahlen einer Wärmequelle, deren Entfernung abnimmt oder deren Dimensionen zunehmen.

Die Richtungsverschiedenheit der aus der ersten Platte auf die zweite fallenden Strahlen, wird aber auch ohne Aenderung der Rauhigkeit an der Vorderfläche gröfser,

wenn die erste Platte der zweiten näher rückt, und wenn zur Raubigkeit an der Vorderfläche noch dieselbe an der Hinterfläche hinzutritt und die Richtungsverschiedenheit der austretenden Strahlen noch vermehrt. Hieraus folgt:

Von den Sonnenstrahlen, welche durch eine diathermane Platte auf die Thermosäule fallen können, gelangen beim Durchgang durch eine zweite rauhe Platte um so mehr dahin, 1) je rauher die erste Platte und 2) je näher sie der zweiten steht, während diese von der Thermosäule eine constante Entfernung hat.

Dieses Resultat ist in der Versuchsreihe auf S. 216 in Betreff der Raubigkeit des ersten Schirms vollständig ausgesprochen. Eine seitdem angestellte hat auch den Einfluss des verschiedenen Abstandes beider Schirme nach Erwarten bestätigt (vergl. No. 3).

7) Die erste rauhe diathermane Platte kann durch eine rauhe reflectirende Ebene ersetzt werden, die eben so mit Kugelflächen besetzt ist, ohne dass sich in der Betrachtung etwas Wesentliches ändert, und man kann daher auch analog zu No. 6 behaupten, dass eine rauhe diathermane Platte bei constanter Entfernung von der Thermosäule von reflectirten Sonnenstrahlen um so mehr zur Säule gelangen lässt 1) je rauher die reflectirende Ebene ist und 2) je näher diese der diathermanen Platte steht ¹⁾).

Diesem Satze entsprechen die Versuche auf S. 224 bis 229 vollkommen. Eine Ausdehnung derselben auf verschiedene Abstände der reflectirenden und der diathermanen Platte hat auch den letzten Theil desselben mit der Erfahrung in Uebereinstimmung gezeigt.

8) Wenn die Sonnenstrahlen senkrecht auf eine diathermane Platte fallen, welche mit Calotten besetzt ist, so

- 1) Die Analogie mit No. 4 würde schliessen lassen, dass eine rauhe reflectirende Ebene von parallel auffallenden Sonnenstrahlen nicht merklich weniger auf die Thermosäule wirkt als von solchen, welche vor der Reflexion durch einen Punkt geführt sind, dessen Entfernung von den reflectirenden Calotten gegen deren Radius unendlich groß ist, dagegen um so mehr, je näher sie der Thermosäule ist.

treffen sie alle Theile der Vorderfläche, also auch diejenigen, welche zwischen den Calotten in der idealen Ebene liegen. Je größer der Einfallswinkel in Bezug auf diese wird, desto weniger werden diese Theile von Strahlen getroffen, wenn nicht alle Calotten ihre concave Seite nach außen kehren, d. h. desto geringer wird die Zahl der Strahlen, welche unter sich parallel in die Platte dringen, bis alle ebenen Flächenelemente, welche mit zunehmendem Einfallswinkel in den Schatten convexer Calotten treten können, dies auch gethan haben. Je größer diese im Vergleich zu ihren Halbkugeln sind, bei desto kleinerem Einfallswinkel muß dies geschehen. Andererseits folgt, daß bei gleichem Einfallswinkel die größeren Calotten von den dazwischen liegenden kleinen Ebenen mehr in den Schatten stellen als die kleinern. Da nun von den parallelen Strahlen nach No. 2 beim Durchgang durch eine raue diathermane Platte am wenigsten zur Thermosäule gelangen, so ergibt sich aus dem Vorigen:

Von Sonnenstrahlen, welche durch eine raue Platte gegangen sind, müssen durch eine zweite Platte solcher Art um so mehr zur Thermosäule gelangen, je größer bis zu einem Maximum der Winkel wird, den die parallelen Sonnenstrahlen mit der Normale der ersten Platte bilden und je rauher diese ist.

Dieses Resultat ist zum größten Theil schon in den Versuchsreihen auf Seite 266 klar ausgesprochen. Auch das Maximum des Winkels ist neuerdings beobachtet worden. Daß der Einfluß des Einfallswinkels bei zweiseitiger Rauigkeit geringer wird, ja ganz verschwindet, wie auf derselben Seite experimentell nachgewiesen ist, dürfte darin seinen Grund haben, daß schon bei senkrechtem Auffallen wenig oder gar keine Sonnenstrahlen unter sich parallel hindurchgehen, indem die Strahlen, welche bei der ersten Brechung parallel bleiben, bei der zweiten verschiedene Richtung erhalten.

9) Der Umstand, daß Glasplatten, welche mit *Lycopodium* bestreut sind, Wärmestrahlen hindurchlassen, von

welchen durch raue diathermane Platten so viel zur Thermosäule gelangen, wie von den durch klares Glas gegangenen (S. 222), dafs dagegen polirtes Metall, welches ebenso bestäubt ist, Wärmestrahlen reflectirt, von welchen durch raue Platten mehr auf die Thermosäule fallen als von den Strahlen, welche an dem polirten nicht bestäubten Metall reflectirt sind, wird durch die obigen Betrachtungen auch erklärlich, da der Samenstaub von *Lycopodium* sich in rundlichen Formen mit körnigem Inhalt darstellt, welche zwar die Wärmestrahlen jenen Bedingungen gemäß zu reflectiren geeignet seyn können, aber wenig oder gar nicht diatherman seyn müssen.

10) Was die trüben Medien betrifft, welche von Hrn. Prof. Knoblauch einer ganz gleichen Untersuchung unterworfen worden sind und dabei dieselben Resultate gegeben haben, so ist zu bemerken, dafs ihre hier in Betracht kommende Eigenschaft durch kleine durchsichtige Körperchen hervorgebracht ist, welche in der andersbrechenden Hauptmasse gleichmäfsig vertheilt sind, und dafs diese Körperchen beim Fluß der ganzen Masse auch kuglichte Formen angenommen haben können. Bei dieser Annahme erklären sich dann die verschiedenen Erscheinungen in ganz ähnlicher Weise.

Obwohl nicht anzunehmen ist, dafs die Formen, welche die dem Versuch unterworfenen Körper rauh oder trübe machen, mit den der theoretischen Betrachtung zu Grunde gelegten vollkommen gleich sind, so berechtigt doch die Uebereinstimmung der theoretischen und experimentellen Resultate zu der Annahme, dafs die hypothetische Rauigkeit alle Bedingungen enthält, welche für die besprochenen Erscheinungen wesentlich sind, wenn sie auch ausserdem regelmäfsiger ist als die Formen der Rauigkeit, welche man durch verschiedene Schleifmittel hervorzubringen im Stande ist.

Es dürfte hier noch die Bemerkung am Orte seyn, dafs durch die besprochene Untersuchung des Hrn. Prof. Knoblauch neue Bedingungen eingeführt sind, welche bei Ver-

suchen über strahlende Wärme erfüllt seyn müssen, wenn sichere Schlüsse über die qualitative Verschiedenheit der Wärmestrahlen daraus gezogen werden sollen, und daß Behauptungen, welche auf früheren Beobachtungen insonderheit an rauhen Körpern beruhen, jetzt nicht vollen Glauben verdienen, wenn nicht ausdrücklich bemerkt ist, daß nur parallele Strahlen zu den Beobachtungen dienten.

VIII. *Bemerkungen über die Form des Horopters; von H. Helmholtz.*

In einer Anmerkung zu Band CXXII, Seite 477 dieser Annalen ergreift Hr. E. Hering die Gelegenheit eine von ihm im vierten Hefte seiner Beiträge zur Physiologie aufgestellte Behauptung zu wiederholen, daß ich nämlich irrtümlicher Weise der allgemeinen Horoptercurve *zwei* Zweige zugeschrieben hätte, während sie nur *einen* habe.

Der Sachverhalt ist, wie ich hiergegen bemerken muß, folgender: Die Horopterlinie wird im Allgemeinen gebildet durch gewisse Theile einer Schnittlinie gewisser Flächen zweiten Grades. Ich selbst habe sie als die Schnittlinie zweier Hyperboloide von einer Mantelfläche dargestellt ¹⁾. Aufser dieser Darstellung hat Hr. Hering auch noch die durch einen Kegel gegeben, der einen Cylinder schneidet, in dessen Oberfläche seine Spitze liegt. Man kann bekanntlich eine solche Schnittlinie zweier Flächen zweiten Grades sehr mannigfaltig darstellen, da sich unendlich viele Flächen zweiten Grades durch dieselbe Schnittlinie legen lassen.

Die genannte Schnittlinie besteht nun in diesem Falle aus zwei getrennten Theilen, nämlich 1) einer geraden Linie, 2) einer zusammenhängenden Curve doppelter Krümmung.

1) Archiv für Ophthalmologie Bd. X, Abth. I.

Die gerade Linie ist bei der von mir an der genannten Stelle eingeschlagenen Behandlung des Problems die Schnittlinie der beiden Ebenen, welche in den Knotenpunkten beider Augen senkrecht zu den Gesichtslinien errichtet sind. Hr. Hering hat nun bemerkt, daß diese gerade Linie nicht Horopter ist, obgleich sie bei der analytischen Behandlung des Problems den gefundenen Gleichungen der Horopterlinie genügt, aber er hat nicht bemerkt, daß auch ein Theil der Curve nicht Horopter ist.

Diese Curve geht nämlich durch die Knotenpunkte beider Augen, und läuft mit ihren beiden Enden nach entgegengesetzten Richtungen in das Unendliche aus. Diejenigen Stücke der Curve nun, welche zwischen Unendlich und je einem Knotenpunkte liegen, bilden den Horopter; das zwischen den Knotenpunkten liegende Stück der Curve ist aber nicht Horopter. Wenn also auch die krumme Schnittlinie der Hyperboloide eine Curve von einem Zweige ist, so hat doch die Horopterlinie zwei vollständig von einander getrennte Zweige.

Wenn der Fixationspunkt in der Primärlage der Visirebene oder in der Medianebene des Kopfes liegt, stoßen die beiden Zweige der Horopterlinie in einem Punkte zusammen, und verwandeln sich in zwei sich schneidende ebene Curven, nämlich in eine gerade Linie und einen ebenen Kegelschnitt, der in dem ersten der eben genannten Fälle ein Kreis, der von J. Müller schon gefundene Horopterkreis ist, dieser Kreis geht bekanntlich durch den Fixationspunkt und die Knotenpunkte beider Augen.

Es ist aber evident, daß von diesem Müller'schen Horopterkreise derjenige Bogen, welcher zwischen den Knotenpunkten beider Augen liegt, und nicht durch den Fixationspunkt geht, ebenfalls nicht Horopter ist. Denn abgesehen davon, daß bei der gewöhnlichen Gesichtsbildung gar kein Theil dieses Bogens, der durch die Nasenwurzel hindurchgeht, von beiden Augen gleichzeitig gesehen werden kann, würden auch selbst bei so platter Nase und so hervorragenden Augen, welche dies möglich machten, die

Punkte dieses Bogens sich auf den beiden äußeren, also *nicht identischen* Seiten beider Netzhäute abbilden. Und auch bei gewöhnlicher Gesichtsbildung erkennt man ja leicht, daß Objecte, die diesem Bogen nahe liegen, wie zum Beispiel unser Nasenrücken selbst, beiden Augen an gerade entgegengesetzten Seiten des Gesichtsfeldes erscheinen.

Was nun in dem speciellen Falle von dem genannten Bogen des Müller'schen Kreises gilt, gilt in dem allgemeineren Falle, wie leicht ersichtlich, gerade ebenso von demjenigen Stücke der Curve, welches zwischen den beiden Knotenpunkten liegt. In diesem Stücke der Curve schneiden sich zwar auch identische Richtungslinien, aber es ist das nach hinten über die Netzhaut hinaus verlängerte Stück der einen, welches das vordere Stück der entsprechenden Richtungslinie im andern Auge schneidet, während ein reelles Object, was einfach gesehen werden soll, im Schnittpunkte der vor dem Auge gelegenen Theile identischer Richtungslinien sich befinden muß.

Ich will nun deshalb, weil Hr. Hering diesen Punkt übersehen hat, ihm nicht nachsagen, wie er es mir im entsprechenden Falle gethan hat, daß das Allgemeinergebnis seiner Rechnung über den Horopter unrichtig sey. Im Gegentheile kann ich seine Behandlung des Problems meinen Lesern nur als sehr elegant, übersichtlich und vollständig anempfehlen; freilich ist die Asymmetrie der beiden Netzhäute, welche einen sehr wichtigen Einfluß auf die Gestaltung des Horopters hat, nur sehr nebenbei berücksichtigt worden.

Auch muß ich einräumen, daß in der ersten vorläufigen Notiz, die ich in den Verhandlungen des hiesigen naturwissenschaftlichen Vereins ¹⁾ über meine Untersuchungen, den Horopter betreffend, gegeben habe, derselbe gegeben ist durch eine Gleichung vierten und eine zweiten Grades. Ich hatte damals noch nicht bemerkt, daß zwei Gleichungen nur zweiten Grades genügend seyen. In der schließ-

1) Sitzung vom 24. October 1862, abgedruckt in den Heidelberger Jahrbüchern.

lichen ausführlichen Redaction meiner Untersuchungen habe ich diese vereinfachte Darstellung noch vor Hrn. Hering's entsprechenden Untersuchungen gegeben und veröffentlicht.

Was die vielen andern Ausstellungen betrifft, die Hr. Hering an meinen Arbeiten über Augenbewegungen und Horopter zu machen findet, so behalte ich mir vor, diejenigen, wo sachliche Erläuterungen oder die Beseitigung von Mißverständnissen nöthig erscheinen, in meinem nun bald vollendeten Handbuche der Optik zu berücksichtigen.

Nur einen Punkt noch muß ich gleich erörtern. Ich habe in meinem Aufsätze über die Augenbewegungen¹⁾ gesagt, Hr. Hering habe »die richtige Behauptung aufgestellt, daß der Horopter immer linienförmig sey.« In diesen Worten findet Hr. Hering die Insinuation, er habe es zwar behauptet, aber nicht erwiesen, und vertheidigt sich dagegen. Ich bedaure sehr, daß meine in ganz unverfänglicher und wohlmeinender Absicht geschriebenen Worte eine solche Deutung erleiden konnten, und erkläre daher hier ausdrücklich, daß auch meiner Meinung nach Hr. Hering im dritten Hefte seiner Beiträge einen vollkommen genügenden Beweis für diesen von ihm selbstständig und unabhängig von meiner gleichzeitigen Arbeit gefundenen Satz gegeben habe.

1) Archiv für Ophthalmologie IX, 2. S. 159.

IX. *Zur Frage über den Pulshammer;*
von Dr. Prof. Franz Joseph Pisko in Wien.

Die Erscheinungen im Pulshammer (»in den franklinischen Kugeln«) sind in letzterer Zeit einiger Aufmerksamkeit gewürdigt worden. Wenn beide Kugeln des Instrumentes nach oben gekehrt sind und eine leicht verdunstende Flüssigkeit in beiden Kugeln und der verbindenden Röhre enthalten ist, so tritt bekanntlich in einer der Kugeln ein Aufwallen der Flüssigkeit ein, wenn man die andere Kugel durch Bedecken mit der Hand erwärmt. Scoppewer (Pogg. Ann. CXV, S. 654) meint nun, dieses Aufwallen der Flüssigkeit rühre von der durch die Erwärmung bewirkten Ausdehnung jener Luft her, die über der Flüssigkeit in der erwärmten Kugel sich befindet, und hat darin vollständig geirrt, wie J. Schabus (Pogg. Ann. CXXII, S. 175) zur Genüge dargethan hat. Allein der vierte Versuch Scoppewer's (Pogg. Ann. CXV, S. 656) zeigt dennoch, daß man es bei dem Pulshammer, wie er gewöhnlich gebraucht wird, nicht mit einem wirklichen Sieden, sondern nur mit einer dem Sieden ähnlichen Erscheinung zu thun hat. Denn in der That bleibt die Flüssigkeit ruhig, wenn man die mit Flüssigkeit zum Theil gefüllten Kugeln nach unten kehrt und eine derselben mit der Hand umschließt. Dieser Umstand bewirkte, daß ich diese Thatsache (gegen die allgemeine Ansicht) von jeher nur als eine dem Sieden ähnliche Erscheinung auffasste¹⁾. Ich hatte nämlich schon früher den Versuch mit den umgekehrten Kugeln gemacht und ein negatives Resultat bekommen.

1) Pisko, Lehrbuch der Physik für Unterrealschulen. Erste Auflage, Brünn 1854, S. 245. »Die Erscheinungen beim Wasser- und Pulshammer zur Erklärung vorlegen; ob hier wirkliches Sieden oder nur eine das Sieden versinnlichende Erscheinung stattfindet.«

Pisko, Lehrbuch der Physik für Untergymnasien, Wien 1855 S. 178. »Eine dem Sieden ähnliche Erscheinung bei luftleerem Raume bieten der Wasserhammer und der Pulshammer.«

Es zeigt sich kein Sieden, sondern nur ein schwaches Ueberdestilliren der Flüssigkeit nach der kälteren Kugel.

Erst bei Erwärmung mittelst einer Weingeistflamme tritt *sehr bald* wirkliches Sieden ein. Der Vorgang im Pulshammer und in allen ähnlichen Geräthen ist demnach folgender: Wenn man die Kugeln, welche theilweise mit Flüssigkeit gefüllt sind, nach aufwärts kehrt und eine derselben mit der Hand erwärmt, so bilden sich neben den schon vorhandenen Dünsten, noch neue Dünste aus der Flüssigkeit. Diese Dämpfe nun entweichen zum Theil in die andere Kugel, welche minder gespannte Dämpfe enthält, und verursachen dabei das Aufwallen der Flüssigkeit. Für die Richtigkeit dieser Erklärung sprechen alle von J. Schabus angeführten Versuche (Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 175 und 176) und auch noch folgende Erfahrungen, die ich alljährlich bei Gelegenheit der Demonstration der betreffenden Experimente machte.

1) Wenn man die eine *nach aufwärts gerichtete Kugel* so lange mit der Hand bedeckt hält, bis das *siedenähnliche* Aufwerfen der Flüssigkeit aufhört und hierauf die andere Kugel in irgend einer Weise *rasch abkühlt*, so tritt wegen der Condensation der Dämpfe in der erkalteten Kugel, augenblicklich das Aufwallen der Flüssigkeit ein und zwar um so heftiger, je mehr abgekühlt wurde. Die Abkühlung bewirkte ich durch Aufgießen von kaltem Wasser, durch Auflegen von Eisstückchen, durch Beträpfeln mit rasch verdunstenden Flüssigkeiten, wie Schwefeläther, Schwefelkohlenstoff und dergl. Dieser Versuch ist jenem ähnlich, wo man durch Aufgießen von kaltem Wasser auf das geschlossene gläserne Siedegefäß unter dem Siedepunkte erwärmtes Wasser zum Sieden bringt; aber die Umstände sind darin verschieden, daß die Flüssigkeit nicht unmittelbar an den erwärmten Glasstellen anliegt.

2) Wenn das im vorigen erwähnte Gleichgewicht eingetreten ist, und man erkaltet die zweite Kugel nicht, erhöht aber die Wärme an der Hand dadurch, daß man sie rasch am Körper reibt und schnell wieder an die erste Kugel

anlegt, so tritt abermals, wenn auch schwaches und nicht lange dauerndes Aufwerfen der Flüssigkeit in der zweiten Kugel ein. So schwach auch diese Bewegung ist, so ist sie augenfällig viel bedeutender als man voraussetzen könnte, wenn man nur annehmen wollte, die erste Kugel sey indeß erkaltet, und durch die Wiederzufuhr der verlorenen Wärme trete die Erscheinung ein. Wenn man für die gleiche Zeit der Unterbrechung die ungeriebene Hand auflegt, ist die Bewegung schwächer.

3) Wenn man je eine der Kugeln gleichzeitig von zwei verschiedenen Individuen mittelst der Hand erwärmen läßt, so tritt nur eine schwache Bewegung der Flüssigkeit nach der etwas kälteren Handoberfläche auf. In der That hat man dann nichts als ein Differential-Thermoskop, wo die schon bestehenden und sich bildenden Dämpfe die thermoskopische Substanz abgeben.

4) Bei Pulshämmern, welche gefärbten Weingeist- oder gar Schwefeläther enthalten, treten die aufwallenden Erscheinungen in den vorigen Versuchen heftiger auf als bei solchen, die nur mit Wasser gefüllt sind, oder als bei einem Kryophor, den man wie den Pulshammer gebraucht.

5) Wenn man sich zu den Versuchen des sogenannten »Wasserhammers« bedient, so zeigen sich alle eben angeführten Erscheinungen unter den nämlichen Bedingungen ungeändert wieder. Das Aufwerfen der Flüssigkeit ist jedoch heftiger, wenn die freie Birne nach oben gekehrt ist, und minder stark, wenn man den freien Stiel nach oben gewendet hat. Im ersten Falle ist nämlich die erwärmte Glasfläche und das von dieser umfasste Dampfvolumen bedeutender als im zweiten Fall. Die Erscheinungen in beiden Fällen sind folgende: Zuerst fließt durch die enge Oeffnung die Flüssigkeit aus dem freien Theile in den von der Hand umfassten Theil. Bald jedoch hört dieses Fließen in Folge der entgegenströmenden gespannten Dämpfe auf und gleichzeitig beginnt auch schon das Aufwerfen der Flüssigkeit, welches besonders deutlich bei dem engen verbindenden Röhrchen auftritt.

6) Scoppewer hat richtig bemerkt, daß die Handfläche bald erkaltet, aber das kommt eben durch die beim Verdunsten der Flüssigkeit latent werdende Wärme.

Daß keine dieser Erscheinungen durch Ausdehnung der Luft in der erwärmten Kugel und Zusammenziehung derselben in der abgekühlten Luft bewirkt wird, hat schon Schabus gezeigt. Ich betone nur noch, was längst bekannt ist, daß das Instrumentchen nahezu *luftleer* ist. Die Luft wird nämlich bei der Anfertigung derartiger Apparate von dem beim Sieden der Flüssigkeit aufsteigenden Dämpfen nahezu gänzlich ausgetrieben. Für den luftleeren Zustand dieser Apparate spricht noch 1) das unmittelbare Anschlagen („Klingen“) der Flüssigkeiten an die Glaswände, wenn man die Geräthe entsprechend rasch bewegt; daher eben der Name „Wasserhammer“! 2) die Handwärme reicht freilich nicht hin die Flüssigkeiten ins Sieden zu bringen, wenn die letzteren unter jene Bedingungen versetzt werden, wie sie sich gewöhnlich beim Sieden befinden, also z. B. wenn man die beiden zum Theil gefüllten Kugeln nach unten bringt und die eine derselben mit der Hand bedeckt; aber das wahre Sieden tritt sehr schnell ein, sobald man eine der Kugeln mittelst einer Weingeistflamme erwärmt. Diefs hat auch schon Scoppewer gesehen (Pogg. Ann. Bd. CXV, S. 656, Versuch 6), aber daraus keinen richtigen Schluss gezogen. Wenn im merklichen Grade Luft im Instrumente wäre, so könnte unter diesen Umständen nie ein Sieden eintreten; es wäre ja ein Papin'scher Topf in anderer Form!

Ich bemerke nur noch, daß das Sieden unter den letzt angeführten Umständen unter heftigem Stossen der Flüssigkeit auftritt und zwar bei jeder Form des Geräthes (Pulshammer, Kryophor, Wasserhammer, Geißler'scher Wasserhammer mit langem und kurzem Schenkel und je einer Kugel an den Enden), und sowohl wenn es Wasser als auch wenn es Weingeist enthält.

Die siedeähnliche Erscheinung bei aufwärts gerichteten

Kugeln tritt aus folgenden Ursachen früher ein als das eigentliche Sieden bei abwärts gerichteten Kugeln:

a) Bei der Erwärmung der aufwärts gerichteten Kugeln finden sich schon über der Flüssigkeit fertige Dünste vor, deren Spannkraft nur durch die Handwärme zu erhöhen ist, wenn das Aufwerfen der Flüssigkeit erfolgen soll; bei der Erwärmung der abwärts gerichteten Kugeln hingegen müssen die blasenwerfenden Dämpfe erst erzeugt werden, was jedenfalls mehr Wärme in Anspruch nimmt.

b) Wenn die Kugeln abwärts gerichtet sind, haben die zu erzeugenden Dünste die Spannkraft *aller* fertigen, über der zu erwärmenden Flüssigkeit befindlichen Dämpfe zu überwinden, während bei den aufwärts gerichteten Kugeln ein Theil dieser fertigen Dämpfe beim Blasenwerfen sogar unterstützend wirkt (vergleiche *a*), d. i. jener Dampf, welcher in der von der Hand erwärmten Kugel sich befindet.

c) Wenn man die abwärts gekehrte Kugel mit der Hand erwärmt, umfaßt man *volens* auch jenen oberen Theil derselben, welcher Dunst enthält. Dadurch wird dieser Dunst um dieselbe Temperatur erhöht wie die Flüssigkeit. Es ist klar, daß dann der Druck dieser Dämpfe nach abwärts größer ist als jener der entstehenden Dünste nach aufwärts, und daß folglich kein Sieden eintreten kann. Anders ist dies (unter gleichbleibenden Umständen) bei der Erwärmung mittelst einer Flamme oder eines Bades. Beide können derart regulirt werden, daß vorzüglich die unteren Theile der Kugel erwärmt werden, und auch ohne Regelung werden jedenfalls die unteren Theile der Kugel früher und mehr warm als die oberen, was eine rasche Bildung von Dämpfen in jenen Flüssigkeitsschichten zur Folge hat, welche die von der Wärmequelle getroffenen Glasteile berühren. Die derart entstehenden Dämpfe erreichen bald eine Spannkraft, welche die Expansivkraft der oberen minder warmen Dünste übertreffen und — das Sieden beginnt.

Fassen wir zusammen: Bei *aufwärts* gerichteten Kugeln bewirken bereits fertige Dünste durch das Hinzukommen

neuer Dünste und durch die erhöhte Spannkraft ein Aufwerfen der Flüssigkeit, wenn eine der Kugeln mit der Hand erwärmt wird.

Bei *abwärts gerichteten Kugeln* haben nur neu entstehende Dünste das Aufwerfen der Flüssigkeit zu bewirken; es ist hierzu eine Wärmequelle erforderlich, welche den unteren Theilen der Kugel mehr Wärme zuführt als den oberen. Dazu ist die Erwärmung mit der Hand nicht tauglich, wohl aber eine kleine Weingeistflamme.

Die Familie der »*Pulshämmer*« wird daher nach wie vor ganz gut zur Demonstration des Siedens im luftleeren Raume bei Erwärmung mittelst der Hand dienen können, da es sich ja nur darum handelt zu zeigen, wie das Sieden durch die aufsteigenden Dunstblasen durch die ganze Flüssigkeit zu Stande kommt, und dies um so eher, je geringer der Druck ist, welcher auf der siedenden Flüssigkeit lastet. Es wird aber gut seyn aufmerksam zu machen, inwiefern sich die Erscheinung bei aufwärts gerichteten Kugeln von jener bei der entgegengesetzten Lage des Instrumentes unterscheidet.

X. *Beitrag zur Fluorescenz des Lichtes;* *von Dr. Prof. Franz Joseph Pisko in Wien.*

Das *Platin-Cäsium-Sulfür* in etwa 100 Theilen Schwefelkohlenstoff gelöst stellt eine Flüssigkeit dar, welche im durchfallenden Tageslicht *tief rumbraun*, im auffallenden Licht aber *schön olivengrün* ist; beides im auffallendsten Grade. Ich vermuthete daher gleich beim ersten Anblicke, daß dieser Stoff wahrscheinlich zu den empfindlichst fluorescirenden gehören möge, und hielt es für gut einige eingehende Versuche in dieser Richtung anzustellen. Nachdem ich ein neues Spectrum vom Sonnenlicht in der Dun-

kelkammer erzeugt hatte, und die Lösung des Platin-Cäsium-Sulfür durch dasselbe mittelst eines parallelepipedischen Glaströghens durchführte, zeigte sich die Oberfläche der Flüssigkeit in den zurückgeworfenen Farben wie folgt: Im Roth, Orange und Gelb nahezu mit den empfangenen Farben; von da an aber bis zum Violett grün und zwar um so dunkler, je weiter die Farbe gegen das Violett hinfuhr. Im Ueberviolett blieb alles schwarz.

Die Lösung mittelst eines reinen Malerpinsels auf einen weissen Papierschirm in Form eines langen, schmalen Gürtels aufgetragen hinterliefs, als der Schwefelkohlenstoff verdunstet war, einen Streifen, der im Tageslicht gelbbraun erschien. Als diese gelbbraune Zone vom Sonnenspectrum beschienen war, konnte man sie erst vom Grün an bis zum Violett wahrnehmen, und zwar zeigte sie sich mit grünem Lichte, welches ebenfalls gegen das Violett hin stets dunkler wurde. Im Roth bis zu Ende des Gelb sah man nur die etwas dicker aufgetragenen Ränder des Bandes mit einer dunkeln, nicht bestimmbaren (schmutzig braunen) Farbe. Nach der Methode der durchsichtig farbigen Zwischenmittel geprüft, ergab sich bezüglich des in Rede stehenden Stoffes Folgendes: Der mittelst einer sechszölligen, doppelconvexen Glaslinse in der Dunkelkammer erzeugte Lichtkegel drang tief in die Lösung ein, und war von schwefelgelber Farbe und nicht polarisirt. Als die lichteinlassende Oeffnung mit einem rothen Glase bedeckt wurde (*erste Stellung* des Glases), zeigte sich der in die zu prüfende Flüssigkeit eingetretene Lichtkegel *dunkelroth* und von geringer Tiefe. Das rothe Glas wurde hierauf vor das Auge genommen (*zweite Stellung* des Glases) und nach dem in der Lösung eingedrungenen, lichtgelben Sonnenlichtkegel hingesehen. Dieser erschien dann an der Oberfläche hellroth, wie glühend, und bot einen prächtigen Anblick.

Ein *dunkelgelbes* Glas als Zwischenmittel angewendet, zeigte den in die Flüssigkeit eingedrungenen Lichtkegel *schwach orange* bei der ersten Stellung, und *tieffgelb* bei der zweiten Stellung.

Ein *hellgelbes* Glas liefs den Lichtkegel für die erste Stellung *gelb* und für die zweite Stellung *heller gelb*.

Ein *grünes* Zwischenglas ergab bei der ersten Stellung *grüngelb*, ein *blaues* Glas gab *erbsengrün*, ein *violettes* Glas *mattgrün*. Die letzten drei Gläser ergaben in der zweiten Stellung beziehungsweise *intensivgrün*, *berlinerblau*, *schwach rosa*.

Flüssige Zwischenmittel wurden folgende angewendet: Die Lösung von doppeltchromsaurem Kali (dunkelgelb), von einfach chromsaurem Kali (hellgelb), von Kupferchlorid (grün) und schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak (tiefblau). Das Ergebnifs für beide Stellungen war fast so wie bei den gleichfarbigen Gläsern; nur in der Nüance der Färbungen war einiger Unterschied merklich.

Nun wurden mannigfache Verdünnungsgrade an der Lösung des Platin-Cäsium-Sulfür mittelst Schwefelkohlenstoff hervorgerufen. Die Flüssigkeit wurde mit dem Maafse der Verdünnung im durchgelassenen Tageslichte stets *heller braun*, im auffallenden Lichte ein *lichter Grün*; hierbei zeigte sich der Stoff ebenfalls als sehr empfindlich bezüglich der Fluorescenz. Mit den farbigen Zwischenmitteln untersucht ergaben die verdünnten Auflösungen nahezu das nämliche Resultat, wie die concentrirte Flüssigkeit; nur waren die Farben heller und minder kräftig bei jenen als bei letzterer.

Im Ganzen und Grofsen zeigt diese Lösung eine auffallende Aehnlichkeit bezüglich der Fluoresceuz mit der syropbraunen Naphtha aus Krasne in Galizien, auf deren Fluorescenz-Empfindlichkeit ich in meinem Schriftchen „die Fluorescenz des Lichtes“ hingewiesen habe.

Es erübrigt nur noch einige Worte über die angewendeten Zwischenmittel zu sagen. Die flüssigen Zwischenstoffe waren die nämlichen, deren ich mich bei meinen früheren Fluorescenz-Studien bedient hatte. Ihre Eigenschaften bezüglich des Sonnenspectrums habe ich in dem angeführten Werkchen angegeben. Die Gläser hingegen waren andere als dort. Das *rothe* Glas hatte vom Sonnen-

spectrum die meisten grünen und fast alle gelben, blauen und violetten Strahlen zurückbehalten und das Roth und etwas Orange durchgelassen.

Die *gelben* Gläser ließen fast alle Farben bis auf das Violett und einen Theil Blau durch; das *heller gelbe* Glas hatte die durchgelassenen Farben minder geschwächt als das dunkelgelbe Glas.

Das *grüne* Glas liefs etwas Roth, eine Spur von Orange, das Grün, etwas Blau und wenig Violett durch.

Das *blaue* Glas liefs etwas Dunkelroth, etwas Gelb und wenig Grün und fast alles Blau und Violett durch. Das Hellroth, Orange und Gelb waren mit schwarzen Gürteln bedeckt; ebenso zeigte sich zwischen Gelb und Grün ein schwarzer Gürtel. Eine sehr interessante Erscheinung.

Das *violette* Glas liefs einen großen Theil Roth, Grün und Violett durch.

Sowohl im gewöhnlichen Gaslichte als auch, wenn es mittelst der Brennlins concentrirt wurde, zeigten sich die Lösungen des Platin-Cäsium-Sulfür als für die Fluorescenz empfindlich. Ihr Verhalten war beziehungsweise ähnlich dem im Tageslichte und beim Sonnenlichtkegel; aber die Farben viel schwächer. Diefs gilt auch für die Anwendung der farbigen Zwischenmittel bei Gaslicht. Selbst bei der schwach leuchtenden Weingeistflamme trat die Fluorescenz bei den concentrirteren Lösungen mit *grünem Lichte* noch deutlich auf und besonders kräftig, wenn eine Sammellins angewendet wurde. Als der Docht der Weingeistflamme mit Kochsalz eingerieben worden war und man so nach Anzünden des Dochtes die gelbe Natronflamme hervorgerufen hatte, konnte man bei Beleuchtung der concentrirten Lösung dieselbe im reflectirten Lichte nur mit einer dunkeln Farbe (fast tiefdunkelbraun) wahrnehmen.

Zum Schlusse danke ich noch dem Hrn. Prof. Kletzinsky, durch den ich auf diese Fluorescenz aufmerksam gemacht wurde, und der mir das Präparat zu Gebote stellte.

XI. *Ueber Fluorescenz der Auszüge aus den
verschiedenen Theilen der Pflanzen;
von C. B. Greifs.*

Zweiter Artikel.

Unter obigem Titel habe ich im Jahre 1861 in dem 114^{ten} Bande dieser Annalen S. 327 bis 333 eine Arbeit veröffentlicht, in welcher ich nachwies, daß die Extracte aus den Blüthen, Blättern, der Rinde und dem Holze oder den Stengeln der verschiedensten Pflanzen fluorescirende Stoffe enthalten. Da ich damals meine Versuche noch nicht auf die Samen und Wurzeln ausgedehnt hatte, und doch nach den damals gewonnenen Resultaten eine gewisse Wahrscheinlichkeit vorlag, daß wohl in allen Theilen der Pflanzen solche fluorescirende Stoffe vorhanden seyn möchten, so nahm ich in diesem Frühjahr meine Arbeit wieder auf. Ich hatte früher unterlassen, die extrahirenden Flüssigkeiten zuvor auf ihre Fluorescenz zu untersuchen, und holte deswegen jetzt diese Versäumnis nach. In der That erhielt ich im Weingeist und im Aether, wenn ich die Sonnenstrahlen durch eine stark gekrümmte Convexlinse concentrirte, einen grauen, doch so äußerst schwachen Lichtkegel, daß ich mich überzeugte, es könne durch denselben keine Irrung in den Beobachtungen herbeigeführt werden. In dem destillirten Wasser war dagegen natürlich keine Spur von einem Lichtkegel zu entdecken. Ich habe mich daher bei den folgenden Versuchen fast ausschliesslich des destillirten Wassers bedient, und nur wenn andere Umstände es erheischten, Alkohol oder Aether in Anwendung gebracht. Was nun zunächst die Samen betrifft, die selbstverständlich im zerquetschten Zustande extrahirt wurden, so wurden folgende einer Prüfung unterzogen: Bärlappsaamen, Erbsen, Mohnsamen, Bohnen, Carottensamen, Samen von *Tropaeolum*, Kaffeebohnen, Stechapfelsamen, *nux vomica*, Haufsaamen, *semen Cubebae*, *Anacardia orientalis*,

semen Psylli, Cacaobohnen, *semen canariense*, *semen Sabadillae*, Pomeranzen, Pistacien, *semen Cumini*, Fenchelsamen, *fructus Amomi*, Lupulin, *faba Tongko*, *fructus Mezerei*, Senfsamen, *Conium*, *Secale cornutum*, *semen Lini*, *semen Staphidis agriæ*, *fructus Juniperi* und *fructus Rhamni catarrhici*. Alle 31 Extracte ohne eine einzige Ausnahme zeigten einen farbigen Lichtkegel. Der grossen Mehrzahl nach waren diese Lichtkegel grau oder blau oder zeigten eine Nüancirung dieser beiden Farben; Weiss oder weiss mit einer Nüancirung ins Bläuliche oder Röthliche waren die Lichtkegel bei dem Hanfsamen, den Cacaobohnen, dem *semen canariense*, den Pistacien, dem Fenchelsamen, *fructus Mezerei*, *Secale cornutum* und *semen Lini*; hellgrün bei *semen Sabadillae*, den Pomeranzen und dem *semen Cumini* und orangefarben bei der *faba Tongko*. Den intensivsten Lichtkegel und zwar von sehr schöner blauer Farbe gab der alkoholische Extract von Bärlappsamen. Der alkoholische Extract des Samens von *Tropaeolum* zeigte einen Lichtkegel in einer Mischfarbe, in welcher die Farben Blau und Roth deutlich zu unterscheiden waren. Die Flüssigkeit selbst war hellgrün gefärbt. Da diese Samen von einer verhältnissmässig dicken Hülse umgeben sind, so nahm ich eine andere Quantität dieses Samens, trennte sorgfältig die Hülsen von den Kernen, und extrahirte nun die Hülsen besonders und auch die Kerne. Der ätherische Extract der ersteren war grün gefärbt, und zeigte sehr schön den rothen Kegel des Chlorophyll; wurden aber die letzteren mit Aether extrahirt, so war die Flüssigkeit fast farblos und zeigte einen graublauen Lichtkegel.

Von Wurzeln kamen zur Untersuchung folgende: holländische Crappwurzel, *radix Rhei*, *radix Liquiritiae*, *radix Curcumae*, *radix Ipecacuanhae*, *radix Inulae*, *radix Saponariae*, *radix Senagae*, *radix Taraxaci* und *radix Bryoniae*. Alle Wurzeln wurden in ganz kleine Stücke zerschnitten und mit destillirtem Wasser extrahirt. Auch alle diese Extracte waren ohne eine einzige Ausnahme fluorescirend, und zwar gab der Auszug aus der Crappwurzel einen

orangefarbenen, derjenige aus *radix Rhei* einen gelbgrünen, und derjenige aus *radix Curcumae* einen hellgrünen Lichtkegel, während wieder die Lichtkegel, welche in den übrigen Auszügen hervorgerufen wurden, grau oder blau waren. Da ich mit meinen Versuchen zu der Zeit beschäftigt war, in welcher die geschnittenen Weinreben thränen, so fing ich mir in einem Fläschchen eine hinreichende Menge des secernirten Pflanzensaftes auf. Aber auch in dieser Flüssigkeit erzeugten die durch eine Convexlinse concentrirten Sonnenstrahlen einen blauen Lichtkegel. Von anderen lebenden Pflanzen wußte ich mir keinen Pflanzensaft zu verschaffen. Mit Rücksicht aber darauf, daß Opium sowohl, als auch die verschiedenen Harze ihre Entstehung Pflanzensäften verdanken, glaubte ich auch Körper dieser Klasse prüfen zu müssen. In dem Extract des Opium erhielt ich einen ganz hellgrünen Lichtkegel, in der Lösung des *Gummi arabicum* entstand ein intensiver bläulich-weißer Lichtkegel, in der festen Masse des Colophoniums und des Bernsteins waren die Lichtkegel grün, doch drangen sie nicht sehr tief in die Masse ein. Als das Colophonium zerstoßen und, mit destillirtem Wasser übergossen, einige Zeit lang stehen gelassen wurde, zeigte es einen grauen, und zerstoßener und mit Weingeist übergossener Bernstein einen blauen Lichtkegel.

Ich habe also bei allen untersuchten Körpern kein einziges negatives Resultat erhalten, und wenn ich meine in der früheren Abhandlung veröffentlichten Ergebnisse mit den hier beschriebenen zusammenstelle, und wenn darauf Rücksicht genommen wird, in welcher bunten Reihe die untersuchten Körper ausgewählt waren, so glaube ich den Satz aussprechen zu können: *Alle Theile aller Pflanzen enthalten fluorescirende Stoffe.* Es lag nun aber auch der weitere Gedanke nahe, ob dieß nicht auch der Fall sey bei allen organischen Körpern, zu deren Bildung der Pflanzenorganismus mitgewirkt hat. Auch nach dieser Seite hin habe ich eine große Reihe von Versuchen angestellt, deren Mittheilung vielleicht einiges Interesse haben dürfte. Bier

und Wein zeigten einen hellgrünen und Zuckerwasser einen blaufioletten Lichtkegel, der aber bei Wein und bei Zuckerwasser verhältnissmässig schwach war. In den Lösungen von Mannit sowohl, wie von Traubenzucker waren die entstehenden Lichtkegel blau. Amylum, in heissem Wasser gelöst, fluorescirte bläulich- Weiss, und Inulin, ebenso behandelt, grauweiss. Olivenöl giebt einen hellblauen, Terpentinöl, wenn wasserhell, einen grauen, aber wenn es schon harzig geworden ist, einen hellblauen, Wachholderöl einen schönen hellgrünen, Rübsamenöl einen blauen, Baumöl einen blaufioletten, Bittermandelöl und *oleum Gaultheriae* einen gelbgrünen Lichtkegel. Vor allen Oelen aber zeichnet sich das Petroleum aus, das schon bei gewöhnlichem Tageslichte schön blau schillert, und wenn die Sonnenstrahlen durch eine Convexlinse in dasselbe concentrirt werden, einen prächtigen blauen Lichtkegel zeigt. Von Alkaloiden wurden geprüft: Coniin, Nicotin, Morphin, Salicin und Atropin. In den beiden ersten entstand ein schön gelbgrüner und ziemlich intensiver, in den drei letzten ein violetter Lichtkegel, der bei dem Salicin und Atrozin dazu noch sehr schwach war. Die Weinsteinssäure, Essigsäure, Ameisensäure, Bernsteinsäure und Propionsäure fluorescirten nur sehr schwach, die Citronensäure und die Valeriansäure gar nicht, dagegen zeichnete sich die Gallusgerbsäure durch einen intensiven weissen Lichtkegel aus. Im Glycerin war der Kegel schön blau, im geschmolzenen Paraffin hellviolett und im Seifenwasser weiss. Während im Anilin ein blauer Lichtkegel entsteht, ist derselbe sowohl im Anilinroth wie im Anilinblau und im Anilinviolett orangefarben. Gleichfalls orangefarben war der Lichtkegel im Copalfirnis und im flüssigen Leim. Auch noch bei folgenden Stoffen wurde Fluorescenz nachgewiesen: Kleesalz, Amyloxydhydrat, Kreosot, Aceton, Nitrobenzol, *aether hydrojodatum*, Oenanthäther und Bromamyl; bemerkenswerth war sie aber nur bei dem Oenanthäther, dessen blauer Lichtkegel ziemlich intensiv ist. Ausser den beiden schon angeführten Säuren, der Citronensäure und der Va-

leriansäure, die ein negatives Resultat gegeben hatten, konnte ich ferner bei den folgenden Körpern keine Spur von Fluorescenz nachweisen: Trimethylamin, Propylamin, Chloramyl, Iodmethyl, Iodallyl, Chlorelayl, Iodamyl, Essigäther, *aether hydrobromatum*, Holzgeist, Amylen, Benzol, Chloroform, buttersaures Aethyloxyd, baldriansaures Amyloxyd und ameisensaures Amyloxyd. Die Versuche haben demnach meine Vermuthung, es möchten auch alle organischen Körper, zu deren Bildung der Pflanzenorganismus mitgewirkt hat, fluorescirend seyn, keineswegs bestätigt. Aber dessenungeachtet geht eine gewisse Gesetzmäßigkeit aus denselben hervor. Während bei einzelnen Reihen, z. B. bei den Oelen, den Alkaloiden, alle in Untersuchung gekommene Körper Fluorescenz zeigen, gehören sehr viele derjenigen Körper, bei welchen eine Fluorescenz nicht nachgewiesen werden konnte, der Alkoholreihe an.

Zum Schlusse sey es mir noch erlaubt einer einzeln stehenden Thatsache zu erwähnen. Als ich eine Anzahl durchsichtiger fester Körper ohne Erfolg auf Fluorescenz untersucht hatte, entdeckte ich zufällig in einem 1,5 Centim. dicken, farblosen, quadratförmigen Stück Spiegelglas einen schön grünen Lichtkegel. In allem übrigen Spiegelglas, dessen ich habhaft werden konnte, war ich nicht im Stande, denselben nachzuweisen, aufser in dem einen meiner beiden Crownglasprismen.

XII. *Ueber Erregung des Magnetismus durch Drehung; von C. B. Greifs.*

Auf einer kleinen Reise in diesem Frühjahr besuchte ich auch die Centralwerkstätte der Nassau'schen Staatsbahnen zu Limburg, weil ich von der vortrefflichen Einrichtung derselben schon so vieles gehört hatte. An den Drehbänken erregten die Drehspäne von Gußstahl wegen ihrer vollkommenen Windung, so daß sie ganz das Ansehen eines dünnen Seiles hatten, meine Aufmerksamkeit. Ich wurde durch dieselben auch an die schönen Resultate erinnert, welche vor mehreren Jahren Prof. Wiedemann bei seinen exacten Versuchen über die gegenseitige Einwirkung von Magnetismus und Torsion erzielt hatte. Da es bei den Versuchen Wiedemann's vorzugsweise darauf ankam, festzustellen, inwieweit der bereits vorhandene Magnetismus durch die Torsion oder die bereits vorhandene Torsion durch den Magnetismus verändert werde, so legte ich mir die Frage vor, ob nicht vielleicht durch Torsion die magnetische Polarität auch erst hervorgerufen werden könne. Ich untersuchte daher einen von Limburg mitgenommenen Drehspan von Gußstahl und fand in der That, daß er zwei bestimmt ausgesprochene magnetische Pole hatte. Daraufhin wandte ich mich, um den Gegenstand weiter verfolgen zu können, an den technischen Director der Staatsbahnen Hrn. Baurath Hilf, mit der Bitte, mir von Limburg eine größere Anzahl von Drehspänen, und zwar nicht bloß von Gußstahl, sondern auch von Puddelstahl und von weichem Eisen kommen zu lassen. Er willfahrte dieser Bitte mit der größten Bereitwilligkeit, so daß mir bald ein hinreichendes Untersuchungsmaterial zu Gebote stand. Ich erhielt 25 verschiedene Drehspäne. Alle zeigten sich bei der Untersuchung an einer ziemlich trägen Magnethadel von nicht unbedeutender Masse polarmagnetisch, und nur bei einem einzigen mußte eine feinere Na-

del in Anwendung kommen, um seine Polarität ganz unzweideutig nachzuweisen. Sie hatten also alle durch das Drehen permanenten Magnetismus erhalten, selbst diejenigen fünf unter ihnen, welche von weichem Eisen waren, dem doch weder durch das Bestreichen mit einem Magnete, noch durch den galvanischen Strom permanenter Magnetismus ertheilt werden kann. Von den Eisenspänen wurde von einem, der 7 Fufs lang war, ein zwei Fufs langes Stück abgebrochen, und nun die beiden Theile untersucht. Sie zeigten sich beide als vollständige Magnete mit vollkommen ausgebildeten Polen, und verhielten sich gerade wie die Theile einer entzwei gebrochenen magnetisirten Stricknadel. Als hierauf auch ein Span von Puddelstahl entzwei gebrochen wurde, zeigte sich insofern ein Unterschied, als zwar die alten Pole in ihrer bisherigen Stärke blieben, die an der Bruchstelle neu auftretenden Pole aber verhältnißmäßig nur schwach ausgebildet waren. Von einem der Stücke wurde nun wieder ein Stückchen von nur zwei Windungen abgebrochen. Dieses noch nicht einen halben Zoll lange Stückchen hatte zu meiner Ueberraschung seine beiden Pole mindestens ebenso stark, wie sie an dem ursprünglich ganzen Span gewesen waren. Unter den Spänen von Gußstahl ist einer 105 Fufs lang von $2\frac{1}{2}$ Pfund Gewicht, der sich wie ein Seil in vielen Windungen aufwinden läßt. Es dürfte dieß wohl der längste existirende Magnet seyn.

Mein nächstes Augenmerk richtete sich nun darauf, zu untersuchen, ob sich nicht ein bestimmtes Gesetz auffinden lasse, nach welchem man im Voraus bestimmen könnte, was für ein Pol an einem gegebenen Ende eines solchen Drehspans auftreten müsse. Ich vermuthete zuerst, es möchten wohl, wenn man das Ende, wo der Nordpol, oder dasjenige, wo der Südpol auftritt, bei allen Drähten die Windungen beziehungsweise nach derselben Richtung verlaufen, so daß sich hier etwas Aehnliches herausstellen würde, wie bei den nach Ampère's Theorie die Magnete umkreisenden galvanischen Strömen. Es zeigte sich aber gar bald, daß diese Voraussetzung eine irrige war. An

dem einen Nordpol verliefen die Windungen in der Richtung, in welcher sich der Zeiger einer Uhr bewegt, an einem anderen gerade in der entgegengesetzten Richtung. Ich wurde dann auf einen andern Umstand aufmerksam; ich fand nämlich, daß die gewundenen Streifen alle auf der einen Seite einen scharfen Rand hatten, aber auf der entgegengesetzten Seite mehr oder weniger gezackt waren. Der scharfe Rand entsteht offenbar da, wo der Meisel der Drehbank an dem abzdrehenden Eisen oder Stahl angreift, so daß sich bei jedem Span mit Leichtigkeit beurtheilen läßt, wo die Drehung angefangen, und wo sie aufgehört hat. *Mit Beachtung dieses Umstandes zeigte sich nun, daß bei allen Drehspänen ohne Ausnahme da, wo die Drehung angefangen hatte, der Südpol, und da, wo die Drehung aufgehört hatte, der Nordpol entstanden war.*

Es war mir endlich auch noch aufgefallen, daß bei fünf bis sechs der untersuchten Drehspäne der auftretende Magnetismus im Verhältniß zu demjenigen der übrigen nur schwach war. Ich überzeugte mich bald, daß diese Erscheinung weder in der Länge der Späne, noch in dem Umstand, ob ein Span von Gußstahl, Puddelstahl oder weichem Eisen war, ihre Erklärung fand. Da nun, wie schon bemerkt, die Windungen nicht bei allen Drehspänen nach derselben Richtung verliefen, so untersuchte ich, ob vielleicht diesem Unterschiede die beobachtete verschiedene Stärke des auftretenden Magnetismus zuzuschreiben sey. *Und in der That zeigten alle Drehspäne, deren Windungen, vom Südpol aus gesehen, in entgegengesetzter Richtung verlaufen, wie die Zeiger einer Uhr sich bewegen, einen bedeutend stärkeren Magnetismus, als die übrigen, deren Windungen, vom Südpol aus betrachtet, in ihrer Richtung mit der Bewegung des Uhrzeigers übereinstimmten.*

XIII. *Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Doppelbrechung; von Dr. Fr. Pfaff in Erlangen.*

Bekanntlich war es bisher nicht gelungen an den Krystallen des rhombischen Systems und an den optisch einaxigen eine Veränderung der Doppelbrechung durch Temperaturveränderung nachzuweisen, obwohl die große Empfindlichkeit der übrigen Krystalle mit Doppelbrechung gegen Temperaturwechsel eine solche erwarten liefs. Auch die feinsten Messungen an den Ringsystemen der Krystallplatten im polarisirten Lichte liefsen keine Spur von Enger- oder Weiterwerden erkennen, wenn man die Krystalle erhitze.

Neuerdings hat nun Fizeau durch Beobachtung der Beugungserscheinungen des Lichtes am Kalkspath und Bergkrystall die Veränderungen des Brechungsindex beider Strahlen durch Temperaturänderung nachgewiesen, und derartige weitere Versuche in Aussicht gestellt¹⁾. Diefs brachte mir wieder Versuche ins Gedächtnifs, die ich in derselben Beziehung vor zwei Jahren angestellt und hier in der physikalisch-medicinischen Societät mitgetheilt hatte. Aus Mangel an Mefsinstrumenten konnte ich das von Fizeau angewandte Verfahren nicht benutzen; durch ein anderes war es mir aber möglich, sehr leicht die Veränderungen nachzuweisen, die mit wechselnder Temperatur an optisch einaxigen Krystallen sich bemerklich machen. Da dieses Verfahren erlaubt, sehr leicht diese Aenderungen wahrzunehmen, so glaube ich, möchte es der Veröffentlichung werth seyn. Es liegt der Gedanke nahe, dafs man Platten senkrecht zur Axe geschliffen, in der ungünstigsten Lage untersucht, wenn man eine Veränderung der Brechungsverhältnisse finden will. Die Strahlen machen ja hier nur geringe Winkel mit der optischen Axe, ihre Differenz kann daher auch nur eine geringe seyn. Anders verhält es sich, wenn man parallel der Axe geschliffene Platten untersucht, hier findet sich das Maximum der Differenz der beiden

1) Ann. Bd. 119, S. 87 u. 297.

Strahlen. Ich schliff daher Platten keilförmig parallel der Hauptaxe und konnte an diesen nun sehr leicht eine Veränderung der Streifen im polarisirtem Lichte erkennen.

Ich brachte sie zu diesem Behufe auf den gewöhnlichen Nörrenberg'schen Polarisationsapparat, bemerkte mir den Stand der dunklen Streifen in homogenem Lichte und erwärmte die Platte dann auf dem Tischchen selbst unmittelbar oder in einem Gefäße von Glas mit ebenem Boden, in das Wasser gebracht wurde. Bei keinem Keile blieben die Streifen ohne Lageveränderung, alle zeigten eine zum Theil sehr beträchtliche Verrückung derselben.

Ich habe Untersuchungen an Vesuvian, Beryll, Apatit, Quarz, Zinnstein, Honigstein und Kalkspath von optisch einaxigen Krystallen, an Aragonit, Topas, Glimmer und Gyps von optisch zweiaxigen angestellt.

Die drei erst genannten sind optisch negativ; sie zeigen auch sämmtlich das gleiche Verhalten, nämlich mit der Temperatur-Erhöhung ein *Herabrücken der Streifen vom dickeren gegen das dünnere Ende der Platte*. Man könnte dieß vielleicht als eine nothwendige Folge des Dickerwerdens der Platte durch die Wärmeausdehnung ansehen wollen, allein die letztere steht in gar keinem Verhältniß zur Größe der Lageveränderung der Streifen. Da ich für die fraglichen Krystalle schon früher die Ausdehnung durch Wärme bestimmt hatte¹⁾, so war es leicht, zu berechnen, um wieviel die Streifen hätten herabrücken dürfen, um an eine Stelle zu gelangen, die gleich dick durch die Wärmeausdehnung geworden war, wie diejenige, an welcher vor dieser der Streifen erschien. Ich will hier nur erwähnen, daß an meiner Vesuvianplatte das Herabrücken durch eine Temperaturerhöhung von 300° C. nur 0^{mm},03 hätte betragen dürfen, während es in der That 1^{mm} ausmachte.

Es geht daraus also hervor, daß durch die Erwärmung die Differenz in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der beiden Strahlen in diesen optisch negativen Krystallen größer wird. Es findet aber auch das Gegentheil statt, nämlich

1) Diese Annalen Bd. 107, S. 148.

eine Verringerung der Differenz der beiden Strahlen und zwar bei einem *optisch-positiven* Krystalle, dem Quarz. Eine keilförmige Platte dieses Minerals zeigte sehr deutlich ein Hinaufrücken der Streifen vom dünneren gegen das dickere Ende.

Leider führten ähnliche Versuche mit anderen positiven Krystallen zu keinem Resultate. Von Zirkon ist es nicht möglich so feine Keile zu schleifen, daß noch Streifen sichtbar werden, weil die Differenz der beiden Strahlen zu groß ist. Mit dem Zinnstein muß es sich ebenso verhalten, es gelang mir nicht an einem ganz dünnen Plättchen Streifen zu erhalten; Apophyllit, der sich wohl dazu eignen würde, blätterte sich beim Schleifen so stark, daß ich keinen Keil erhielt, der breit genug zur Beobachtung gewesen wäre.

Wie Quarz verhielten sich noch von optisch zweiaxigen Krystallen Glimmer und Gyps. Ein keilförmig geschliffenes Stück Topas (die eine Fläche war eine natürliche Spaltungsfläche) verhielt sich wie die optisch negativen. Der Topas scheint unter den von mir bisher untersuchten Krystallen der gegen die Temperaturveränderungen empfindlichste; legt man ein Stück von ihm auf das Tischchen des Polarisationsapparates und fährt nur einmal mit einer Weingeistlampe unter ihm weg, so wird man sogleich eine Veränderung der Farben wahrnehmen. Er möchte sich wohl am besten, nächst dem Vesuvian, von optisch einaxigen Krystallen zur Demonstration dieser Verhältnisse eignen.

Daß beide Strahlen, der außerordentliche wie der ordentliche, eine Veränderung der Brechung erleiden, geht aus diesen Versuchen nicht hervor; ich konnte sie aber ebenfalls ohne Meßinstrumente nachweisen, indem ich die beiden Spectren eines Quarzprismas auf einen Schirm von Strohpapier aufing und die Lage der verschiedenen Farben vor und nach dem Erhitzen bezeichnete. Beim Kalkspath konnte ich es auch dadurch, daß ich ein Spaltungsstück auf ein Stanniolplättchen mit sehr feiner Oeffnung

legte und unter einem Oberhäuser'schen Mikroskop vor und nach dem Erwärmen die Lage der beiden Oeffnungen betrachtete. Es war eine Verrückung beider noch zu erkennen.

Es schien mir auch wichtig, zu vergleichen, wie sich die Veränderung durch Druck gegen die durch Temperaturerhöhung erzeugte verhielte. Leider konnte ich hier keine Keile anwenden und mußte meine Zuflucht wieder zu Platten senkrecht zur Axe geschliffen nehmen. Ich preßte nun dieselben möglichst stark zwischen zwei eisenen in der Mitte mit einer feinen Oeffnung versehenen Platten. In der oberen war das durchbohrte Plättchen in der Mitte so angebracht, daß es sich um eine horizontale Axe in einem Ringe und dieser wieder in der äußeren Platte um eine auf der Axe des innern durchbohrten Plättchens senkrecht stehenden zweiten horizontalen Axe drehen konnte, um stets ein genaues Aufliegen der pressenden Platte auf beiden Krystallflächen zu erzielen.

Obwohl ich nun den Druck bis zum Zersprengen der Platten fortsetzte, gelang es mir jedoch nicht ein Resultat zu erhalten, außer bei Quarz und Kalkspath, was aber für die gestellte Frage keinen Aufschluß giebt. Der Quarz und der Kalkspath zeigten nämlich merkwürdigerweise beim Druck von oben ein ähnliches Verhalten wie bei seitlichem Drucke (wie ich es früher in diesen *Annal.* Bd. 107, S. 333 beschrieben). Das Ringsystem des Quarzes löste sich in zwei auf, ähnlich denen eines 2axigen Systems, und der Kalkspath zeigte in den zersprengten Stücken bleibend die Erscheinungen, wie sie Dove an Zwillingskrystallen zuerst geschildert und ich sie später durch seitlichen Druck auf einfache Krystalle erhalten hatte. An allen übrigen Krystallen konnte ich keine Veränderung der Ringsysteme bei Druck wahrnehmen.

Der einzige Krystall, dessen Keile auch bei einiger Dicke noch Streifen zeigten, ist der Vesuvian; als ich einen solchen seitlich preßte, in der Richtung der Streifen, die parallel den Nebenaxen liefen, rückten dieselben ein wenig

nach dem dünneren Ende zu. Der Seitendruck bewirkte also dasselbe, was die Steigerung der Temperatur verursachte, nämlich eine Verringerung in der Differenz der beiden Strahlen, ein Resultat, welches zusammengehalten mit der Thatsache, dass beide Strahlen eine Veränderung der Brechung erleiden, erkennen lässt, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des außerordentlichen Strahles in diesem Falle also sowie die Elasticität des Aethers in der Richtung der Hauptmasse, durch Druck senkrecht auf die Hauptaxe in etwas beträchtlicherem Grade verringert wird, als die des ordentlichen Strahles.

XIV. *Ueber die doppeltbrechenden Eigenschaften und die Krystallform des Amblygonits; von Des Cloiseaux.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. *Compt. rend.*)

Der Amblygonit, eine sehr seltene Mineralspecies, ist bis in die letzten Jahre nur in der Umgegend von Penig in Sachsen in kleinen Massen oder Nieren eingewachsen in Granit, in violetten Lepidolith, mit Quarz, Turmalin und Granat vorgekommen. Neuerlich hat Hr. Brush ¹⁾ veröffentlicht, dass man ihn auch in einer ganz ähnlichen Lagerstätte bei Hebron, Staat Maine, angetroffen habe, in ganz oder halb durchsichtigen lamellaren, violetten Lepidolith durchsetzenden Massen, begleitet von Albit, Quarz, rothen, grünen und schwarzen Turmalinen, Cassiterit und Apatit.

Nach Hrn. Breithaupt besitzt der Amblygonit von Penig zwei ziemlich leichte, um $106^{\circ} 10'$ gegen einander geneigte Spaltungsflächen und eine dritte schwierigere, welche die scharfe Kante der beiden ersteren tangirt und mit jeder derselben einen Winkel von $126^{\circ} 55'$ macht. An

1) *Journ. of Sciences and Arts Vol. XXIV, Sept. 1862.*

zwei Exemplaren von Hebron, die Prof. Brush mir gütigst zusandte, beobachtete ich die beiden, einander unter 105 bis 106° schneidender Spaltungsflächen, konnte aber nicht die dritte in der von Hrn. Breithaupt angegebenen Richtung wahrnehmen.

Bisher hat man allgemein geglaubt, es sey die Krystallform des Minerals ein gerades oder schiefes Rhombenprisma, nach dessen Verticalflächen die beiden leichten Spaltbarkeiten lägen; allein das Studium seiner optischen Eigenschaften erlaubt diese Meinung nicht, sondern beweist, daß der Krystalltypus in Wirklichkeit das doppelt schiefe Prisma ist. In der That bemerkt man bei aufmerksamer Untersuchung der Exemplare von Hebron, daß die beiden Hauptspaltbarkeiten nicht gleich leicht sind, sondern daß die eine große Flächen von Perlmutterglanz liefert, während die andere kleinere Flächen von Glasglanz darbietet. Ueberdies findet man eine dritte, unterbrochene Spaltbarkeit, die indess kleine hinreichend ebene und spiegelnde Flächen liefert, um für das Reflexionsgoniometer brauchbar zu seyn.

Wenn man eine dem glasigen Blätterdurchgang parallele Lamelle hinreichend dünn macht, so erblickt man mit Hülfe des polarisirenden Mikroskops isochromatische Curven, die zwei sehr divergirende optische Axen anzeigen, in einer Ebene, welche fast strenge normal auf dem Blätterdurchgang und parallel der Durchschnittskaute dieses und des perlmuttrigen Blätterdurchgangs liegt. In Oel beobachtet zeigen diese Ringe zugleich die Kennzeichen der *gekreuzten* und der *geneigten* Dispersion; denn wenn die Ebene der Axen mit der Polarisationsebene zusammenfällt, so zeigen die Streifen, welche jedes der beiden Ringssysteme durchsetzen, blaue und rothe Säume in entgegengesetzter Lagerung und diese Farben sind in dem einen Systeme offenbar lebhafter als in dem anderen. Bei 45° der Polarisationsebene zeigen die Farben, welche die beiden Hyperbeln umsäumen, eine symmetrische Anordnung, aber eine verschiedene Intensität, und der Durchmesser der

Ringe ist auf der einen Seite etwas gröfser als auf der anderen. Die Messung der Divergenz in Oel beweist, dafs die Dispersion der optischen Axen schwach ist; sie gab mir

$$\begin{aligned} 2H &= 106^\circ 34' 30'' \text{ roth} \\ &= 106 \quad 19 \quad 30 \quad \text{gelb} \\ &= 106 \quad 6 \quad 30 \quad \text{blau.} \end{aligned}$$

Dieser Winkel ist der stumpfe, den die optischen Axen in Oel machen, und seine Mittellinie ist *positiv*.

Eine winkelrecht zur Durchschnittsfläche der beiden Haupt-Blätterdurchgänge geschnittene Platte, die bei Compensation mit einer Quarzplatte den *negativen* Charakter darbot, lieferte für den scharfen Winkel der Axen, gesehen in Oel:

$$\begin{aligned} 2H &= 96^\circ 37' 33'' \text{ roth} \\ &= 96 \quad 46 \quad \text{gelb} \\ &= 96 \quad 10 \quad 30 \quad \text{blau.} \end{aligned}$$

Ist die Ebene der Axen parallel der Polarisations-Ebene, so läfst diese Platte eine ziemlich starke *horizontale* Dispersion sehen, modificirt durch eine *geneigte* Dispersion, welche einen sehr merkbaren Unterschied in der Lebhaftigkeit der Farben ober- und unterhalb der Querstreifen beider Ringsysteme herbeiführt.

Da die beiden zu meinen Messungen gebrauchten Platten gut winkelrecht auf den beiden Mittellinien sind, so kann man sie, ohne grofsen Fehler zu befürchten, zu dem Verfahren anwenden, welches ich in einer früheren Mittheilung angegeben habe ¹⁾ und kann daraus für die wahre Divergenz der optischen Axen und für den mittleren Index (den Index des Oels für roth = 1,466, für gelb = 1,468, für blau = 1,478) folgende Werthe ableiten.

$$\begin{aligned} 2V &= 85^\circ 56' & \beta &= 1,606 \text{ roth} \\ &= 86 \quad 6 & &= 1,608 \text{ gelb} \\ &= 86 \quad 22 & &= 1,619 \text{ blau.} \end{aligned}$$

Einigen Versuchen mit der Varietät von Penig zufolge, schien mir dieselbe die nämlichen doppeltbrechenden Eigenschaften darzubieten wie die von Amerika.

1) *Compt rend.* 1861, T. LII, p. 784.

Was die Grundform des Amblygonits betrifft, so ist sie nach der Untersuchung der Varietäten von Hebron als ein schiefes Parallelepipedon $\begin{smallmatrix} p \\ mt \end{smallmatrix}$ zu betrachten, dessen Neigungen sind:

$$mt = 135^\circ$$

$$pm = 105^\circ \text{ nach vorne}$$

$$pt = 88^\circ 30' \text{ nach vorne}$$

$$\text{Ebener Winkel der Base} = 137^\circ 40' 22''$$

$$\text{do. do. Fläche } m = 72 \quad 9 \quad 54$$

$$\text{do. do. Fläche } t = 113 \quad 6$$

Parallel der Base p findet sich der leichtere Blätterdurchgang mit Perlmutterglanz, parallel der linken Fläche m der weniger leichte Blätterdurchgang mit Glasglanz, und parallel der rechten Fläche t ein schwieriger und unterbrochener Blätterdurchgang. Fügt man zu diesen drei Blätterdurchgängen diejenigen, welchen Hr. Breithaupt an den Exemplaren von Penig in der Zone pm angiebt, und für welchen man eine Neigung von etwa 127° gegen p und eine von 128° gegen das hintere m mit dem Symbol $c\frac{1}{2}$ annehmen kann; betrachtet überdies als parallel der kleinen Diagonale der Base einen sehr schwierigen Blätterdurchgang, von dem ich nur Spuren in der Zone mt wahrnahm, und der mit m einen Winkel von nahe 126° macht; — so hat man die erforderlichen Elemente um die relativen Längen der drei Kanten des primitiven Parallelepipedums zu bestimmen. Diese Längen wären:

$$b : c : h = 1000 : 1179,743 : 1433,768$$

woraus das linke $pg' = 113^\circ 2'$.

Zusammengefasst erlauben also meine Beobachtungen folgende Thatsachen festzustellen:

Der Amblygonit

$[\ddot{\text{Al}}_3 \ddot{\text{P}}_3 + (\text{Li}, \ddot{\text{Na}})_3 \ddot{\text{P}}_3 + \text{Al}_2 \text{Fl}_3 + (\text{Li}, \text{Na}) \text{Fl}]$
krystallisirt im System des doppelt schiefen Prismas.

Er besitzt drei ungleich leichte Spaltbarkeiten parallel den Flächen des primitiven Parallelepipedes und einander

schneidend unter Winkeln von etwa 135° , 105° und $88^{\circ} 30'$.

Die optischen Axen sind sehr divergent; ihre Ebene ist beinahe winkelrecht zu dem mässig leichten Blätterdurchgang von Glasglanz. Die Mittellinie ihres scharfen Winkels ist *negativ* und parallel der Durchschnittskante des perlmuttrigen und des glasigen Blätterdurchgangs; ringsum diese Mittellinie zeigen die Ringe eine *horizontale* Dispersion, combinirt mit einer sehr beträchtlichen *geneigten* ¹⁾.

XV. Notiz über die Krystallform des *Wiserins*; von Prof. G. vom Rath.

Die interessanten Mittheilungen des Hrn. Prof. Kennigott über das neue, von ihm Wiserin (zu Ehren des Hrn. D. F. Wiser in Zürich) genannte Mineral vom St. Gotthardt (s. Neues Jahrb. f. Min. von Leonhard und Geinitz, 1864, S. 454 bis 456) erlaube ich mir durch Angabe der an diesem Mineral ausgeführten Messungen, welche für die Stellung desselben im krystallochemischen Mineralsystem nothwendig erschienen, zu ergänzen. Hr. Dr. Krantz hatte die Güte, von dem Handstücke, welches ich bereits in einer früheren Arbeit (Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1862, S. 379 Anmerk.) erwähnte, einen der drei kleinen aufsitzenden Krystalle abzulösen, und behufs der Messung mir zu übergeben.

Der Krystall stellte die Combination des Octaëders mit dem ersten quadratischen Prisma dar. Die Flächen erlau-

1) Ein Brief von Hrn. Brush belehrt mich, dass einer seiner Assistenten, Hr. Allen, ganz kürzlich zu Hebron einen Krystall von einem Zoll im Durchmesser gefunden, und Hr. Dana daran den trikloischen Charakter ganz unzweideutig erkannt hat.

ben ziemlich genaue Messungen. Es beträgt der Endkantenwinkel des Octaëders

$$124^{\circ} 30',$$

daraus das Axen-Verhältniß a (Nebenaxe) : c (Verticalaxe) =

$$1 : 0,5261 \text{ oder } 1,9008 : 1^{\circ}$$

Ferner berechnet sich die

Seitenkante der Grundform = $82^{\circ} 22'$

Combinationskante zwi-

schen der Grundform und

dem ersten Prisma = $131^{\circ} 11'$ gemessen: $131^{\circ} 12'$

Neigung zweier in der End-

kante gegenüberliegender

Flächen der Grundform = $97^{\circ} 38'$ gemessen: $97^{\circ} 36'$.

Aus diesen Messungen folgt, daß der Wiserin in den Winkeln zwar nicht vollkommen mit dem Zirkon übereinstimmt, aber doch demselben so nahe kommt, daß beide als isomorph betrachtet werden müssen, eine Thatsache, welche auch durch das äußere Ansehen und die Ausbildungsweise des Wiserins in hohem Grade bestätigt wird.

Nachdem Deville gefunden, daß in dem Chlorzirkonium zwei Doppel-Atome Chlor vorhanden sind, folgerte bekanntlich G. Rose (s. Ueber die Isomorphie der Zinnsäure, Kieselsäure und Zirkonsäure, diese Annalen 1859, Bd. 107, S. 602 bis 604), daß die Zirkonerde nach der Formel Zr und nicht wie man früher annahm Zr_2 , zusammengesetzt sey; woraus sich der weitere Schluß ergab, daß der Zirkon eine isomorphe Mischung von 1 At. Kieselsäure mit 1 At. Zirkonsäure darstellt. Bei dieser Ansicht wurde mit Einem Male die Isomorphie des Zinnsteins und des Rutil mit dem Zirkon verständlich. Sie bilden isomorphe Species derselben Mineralgattung, zu der auch der Wiserin gehört, in welchem die Löthrohr-Versuche Wiser's und Kenngott's Titansäure und Kieselsäure nachgewiesen haben, und welcher vermuthlich eine Mischung der drei isomorphen Säuren des Titans, des Zirkoniums, des Kiesels ist. Es beträgt der Endkantenwinkel der Grundform beim

Zinnstein	Sn	121° 40'
Auerbachit	Zr Si ₄	122 43'
Rutil	Ti	123° 8'
Zirkon	Zr Si	123° 19 $\frac{1}{4}$ '
Wiserin	(Ti Zr Si?)	124° 30'
Malakon ¹⁾	(3 Zr Si + H?)	124° 40'.

Diese Zahlen zeigen, daß der Zinnsäure das spitzeste Octaëder unter diesen isomorphen Mineralspecies zukommt; das Octaëder der reinen Titansäure ist erheblich stumpfer. Weder von der reinen Zirkonsäure noch von der Kieselsäure kennt man die quadratische Form. Eine Vergleichung der Winkel des Auerbachits mit denjenigen des Zirkons lehrt indess, daß der Kieselsäure ein spitzeres Octaëder zukommen müsse als der Zirkonsäure. Da nun der Wiserin ein sehr stumpfes Octaëder besitzt, so ist vielleicht die Vermuthung nicht ganz unbegründet, daß derselbe viel Titan- und Zirkonsäure, weniger Kieselsäure enthalte. G. Rose (a. a. O.) sagt, »die Unterschiede die man im spec. Gewichte des Zirkons gefunden hat, können davon herrühren, daß bei ihm nicht überall Zirkonsäure und Kieselsäure in einem gleichen Verhältniß enthalten sind, vielleicht aber auch daher, daß in einigen noch Titansäure, oder wie Svanberg gefunden hat, Norerde enthalten ist. Im Oerstedtit giebt Oerstedt neben der Zirkonsäure und Kieselsäure noch Titansäure an.«

Der Wiserin unterscheidet sich von dem echten Zirkon durch das von Wiser und Kennigott ermittelte Verhalten vor dem Löthrohre, nämlich durch die Titan-Reaction, durch die, von Kennigott angegebene, geringere Härte, durch die etwas stumpfere Grundform. Im Uebrigen steht er in Bezug auf das äußere Ansehen, und namentlich durch die fehlende Zwillingbildung dem Zirkon viel näher als

1) Die kleinen Krystalle aus dem Schriftgranit von Chantelonbe (Hte Vienne) von Des Cloizeaux gemessen.

dem Zinnstein oder dem Rutil, die spezifische Selbstständigkeit des Wiserins im krystallo-chemischen Mineralsystem hängt ab von dem Resultat einer quantitativen Analyse, der man mit größtem Interesse entgegensehen muß; zu welcher das Material nur in Zürich vorhanden ist.

Hr. Wiser besitzt von diesem neuen Mineral eine ausgezeichnete Reihe. Derselbe machte mich aufmerksam auf das stete Zusammenvorkommen des Wiserins mit dem Titansäure-haltigen Eisenglanz.

XVI. Ueber den Siedpunkt einiger binären Gemische von Flüssigkeiten, die einander in allen Verhältnissen lösen.

Solche Gemische haben, wie schon Hr. Regnault gezeigt (*Mém. de l'acad. d. scienc. T. XXVI*), einen constanten Siedpunkt. Neue Belege dafür liefert Hr. Alluard (*Compt. rend. T. LVIII, p. 82*) durch folgende Resultate:

Grammen.		Gewichts- verhältniß.	Siedpunkt		Temperatur- Unterschied
			Druck 730mm	Druck 760mm	
Aether	Schwefel- kohlenstoff				
Aether allein			34°,4 C.	35°,5 C.	1°,1
150,00	300	2,0	36°,4	38°,0	1°,6
78,95	300	3,8	38°,2	39°,8	1°,6
55,55	300	5,4	39°,8	41°,7	1°,9
30,00	300	10,0	41°,1	43°,0	1°,9
15,00	300	20,0	43°,0	45°,5	2°,5
Schwefelkohlenstoff allein			44°,9	47°,7	2°,8
Schwefel- kohlenstoff do. allein	Alkohol				
150,0	300	2	44°,7	47°,7	3°,00
75,0	300	4	46°,10	48°,1	2°,00
60,0	300	5	49°,10	51°,0	1°,90
			55°,10	57°,2	2°,10

Grammen.		Gewichts- verhältniß.	Siedpunkt		Temperatur- Unterschied.
			Druck 730mm	Druck 760mm	
Schwefel- kohlenstoff	Alkohol				
50,0	300	6	59°,10	61°,0	2°,10
37,5	300	8	62°,10	64°,0	2°,10
25,0	300	12	65°,70	67°,5	1°,80
15,0	300	20	70°,00	71°,5	1°,50
10,0	300	30	72°,60	74°,1	1°,50
5,0	300	60	75°,50	77°,0	1°,50
Alkohol allein			77°,06	78°,5	1°,54
Alkohol do. allein	Wasser				
300	450	1,5	77°,50	78°,50	1°,00
300	900	3,0	81°,85	82°,85	1°,00
200	1000	5,0	83°,10	84°,05	0°,95
125	1000	8,0	85°,20	86°,20	1°,00
100	1000	10,0	86°,20	87°,25	1°,05
50	1000	20,0	88°,90	89°,90	1°,00
60	1000	20,0	92°,20	93°,20	1°,00
60	1800	30,0	93°,35	94°,45	1°,15
15	900	60,0	96°,10	97°,20	1°,10
Wasser allein			99°,00	100°,00	1°,00

Hr. A. bemerkt, dafs, wie er zu seinem Erstaunen gefunden, der Aether durch eine Beimischung von 0,1 seines Gewichts an Schwefelkohlenstoff seinen Siedpunkt nicht ändert, und das ähnliche Gemische von Alkohol und Schwefelkohlenstoff, von Alkohol und Wasser sich ebenso verhalten. Er schliesst daraus, dafs der Siedpunkt ein schlechtes Kennzeichen zur Erkennung der Reinheit einer Flüssigkeit sey. Er empfiehlt daher für solche Fälle das von Regnault angewandte Verfahren (*Mém. de l'acad. T. XXVI, p. 644*), darin bestehend, dafs man die Spannkraft des Dampfs der für rein gehaltenen Flüssigkeit successiv nach der statischen und der dynamischen Methode bestimme. Auf solche Weise erkannte Hr. R. noch ein Tausendstel einer flüchtigen Substanz, die dem Alkohol oder dem Schwefelkohlenstoff zugefügt worden war.

Hr. A. schliesst ferner, in Uebereinstimmung mit älteren Versuchen, namentlich mit denen von Berthelot (*Compt. rend. T. LVII, p. 430*), dafs es zuweilen unmög-

lich ist, zwei gemischte Flüssigkeiten durch Destillation von einander zu trennen, wenn das Gemisch nur einige Hundertel oder selbst ein Zehntel von einer der Flüssigkeiten enthält, indem das Gemisch denselben Siedpunkt hat wie die in größerer Menge vorhandene Flüssigkeit.

XVII. *Farbenveränderung eines Minerals bei starker Erhitzung.*

An einem Thone oder Steinmark, aus *Santa-Fé de Bogota* herkommend und im *Muséum d'histoire naturelle* zu Paris aufbewahrt, beobachtete Hr. Jannettaz, daß die schön grüne Farbe desselben bei starker Erhitzung in eine weiße, schwach violette übergeht. Er analysirte es daher, und fand darin: 44,75 Kieselerde, 39,97 Thonerde, 0,60 Chromsesquioxyd, 1,10 Eisenoxydul, 1,16 Bittererde, 1,74 Kalk, 1,02 Kali, 5,00 Natron und 5,00 Wasser. Nach diesem Resultat glaubt er, daß das Chromoxyd, welches offenbar die grüne Farbe des Minerals im natürlichen Zustand bedingt, bei starker Erhitzung eine neue Verbindung mit der Thonerde eingehe, und die Entfärbung nicht herführe von Zerstörung einer organischen Substanz, welche Lewy im Smaragd von *Santa-Fé de Bogota* annehmen zu können glaubte ¹⁾. (*Compt. rend. LVIII*, 719.)

1) Vergl. Ann. Bd. 122, S. 492.